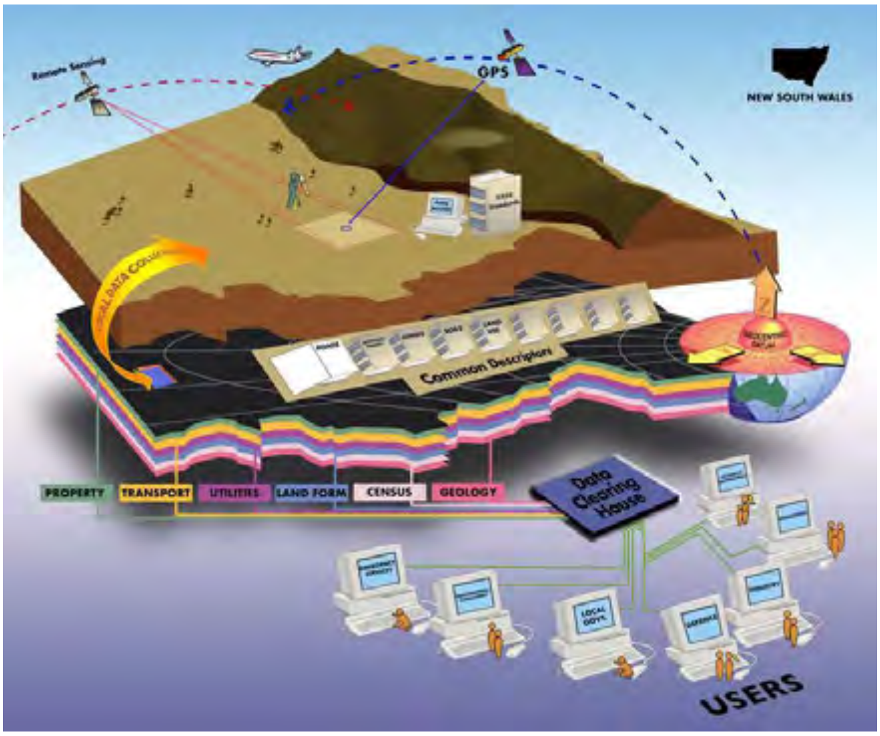
PENGANTAR SURVEY DAN PENGUKURAN



Oleh :
Akhmad Syaripudin

1 PENGANTAR SURVEY PEMETAAN

pakan sebuah ilmu, seni dan teknologi untuk menentuan posisi relatif, suatu titik di atas, atau di bawah permukaan bumi. Dalam arti yang lebih umum, survey (geomatik) dapat didefenisikan; sebuah disiplin ilmu yang meliputi semua metode untuk mengukur dan mengumpulkan informasi tentang fisik bumi dan lingkungan, pengolahan informasi, dan menyebarluaskan berbagai produk yang dihasilkan untuk berbagai kebutuhan.



Gambar 1.1 Ruang lingkup pekerjaan survey dan pengukuran

Survei memiliki peran yang sangat penting sejak awal peradaban manusia. Diawali dengan melakukan pengukuran dan menandai batas-batas pada tanah-tanah pribadi. Dengan berlalunya waktu, kepentingan akan bidang survei terus meningkat dengan meningkatnya permintaan untuk berbagai

peta dan jenis spasial terkait informasi lainnya dan memperluas kebutuhan untuk menetapkan garis yang akurat dan untuk membantu proyek konstruksi.

Pada saat ini peran pengukuran dan pemantauan lingkungan kita menjadi semakin penting, hal itu disebabkan semakin bertambahnya populasi manusia, semakin tingginya harga sebidang tanah, sumber daya alam kita semakin berkurang, dan aktivitas manusia yang menyebabkan menurunnya kualitas tanah, air, dan udara kita. Di zaman modern seperti saat ini, dengan bantuan komputer dan teknologi satelit surveyor dapat mengukur, memantau bumi dan sumber daya alam secara global. Begitu banyak informasi yang telah tersedia untuk seperti; membuat keputusan perencanaan, dan perumusan kebijakan dalam berbagai penggunaan lahan pengembangan sumber daya, dan aplikasi pelestarian lingkungan.

Dengan meningkatnya kebutuhan akan jasa survey dan pemetaan, Ikatan Surveyor Internasional (IFS) telah mengadopsi definisi berikut; “Surveyor adalah orang yang professional dengan kualifikasi pendidikan dan keahlian teknis untuk melakukan aktivitas satu, atau lebih, kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

- Untuk menentukan, mengukur dan mengetahui permukaan tanah, benda tiga dimensi. Titik di lapangan, dan lintasan
- Untuk mengumpulkan dan menafsirkan kondisi permukan tanah dan informasi geografis dan informasi ekonomi.
- Menggunakan informasi untuk perencanaan dan efisiensi administrasi dan manajemen tanah, laut dan seluruh struktur.
- Untuk melaksanakan pembangunan perkotaan dan pedesaan dan pengelolaan lahan
- Untuk melakukan penelitian dan pengembangan.

1.1. Manfaat Pekerjaan Survey dan Pemetaan

1.1.1 Peran Seorang Surveyor

Seorang surveyor profesional memiliki satu atau lebih kegiatan yang dilakukan di atas atau di bawah permukaan tanah/ laut dan dapat dilakukan dalam hubungan dengan para profesional lainnya. Berikut fungsi dari seorang surveyor di lapangan;

Penentuan ukuran dan bentuk bumi, pengukuran dari semua data yang diperlukan untuk menentukan ukuran, posisi, bentuk, dan kontur pada setiap bagian bumi dan memantau setiap perubahan.



1. Penentuan posisi objek/titik pada sebuah ruang dan waktu serta posisi dan pemantauan bentuk fisik, struktur dan pekerjaan yang berada di atas atau di bawah permukaan bumi
2. Pengembangan, pengujian dan kalibrasi sensor, peralatan dan sistem untuk pekerjaan Survei
3. Perolehan dan penggunaan informasi tata ruang dari jarak dekat, udara dan citra satelit dan proses-proses yang dapat dilakukan secara otomatis.
4. Penentuan dari posisi batas-batas tanah masyarakat atau pribadi, termasuk batas-batas nasional dan internasional, dan pendaftaran lahan tersebut dengan pihak yang berwenang
5. Perencanaan dan pembentukan system informasi geografis (GIS) suatu daerah dan mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, mengelola, menampilkan dan menyebarkan data.

6. Menganalisis, menyajikan dan menggabungkan objek tata ruang dan fenomena pada GIS, termasuk visualisasi dan komunikasi seperti data dalam peta, model dan perangkat mobile digital
7. Studi tentang lingkungan alam dan sosial, pengukuran tanah dan sumber daya alam laut. Penggunaan data tersebut berguna untuk perencanaan pembangunan di perkotaan, daerah pedesaan dan regional.
8. Perencanaan, pengembangan dan pembangunan kembali sebuah kawasan seperti; perkotaan, pedesaa, maupun perumahan.
9. Pengkajian nilai dan pengelolaan sebuah kawasan seperti; perkotaan, pedesaa, maupun perumahan.
10. Perencanaan, pengukuran dan pengelolaan pada pekerjaan konstruksi, termasuk rencana anggaran biaya.

Dalam melaksanakan tugas diatas, surveyor harus mempertimbangkan aspek hukum, ekonomi, lingkungan, dan sosial yang relevan sehingga proyek tetap berjalan secara normal. Pekerjaan mengukur tanah dan pemetaan (Survei dan pemetaan) meliputi pengambilan/ pemindahan data-data dari lapangan ke peta atau sebaliknya.

Pengukuran yang akan dipelajari dibagi bagi dalam pengukuran mendatar dari titik titik yang terletak diatas permukaaan bumi , dan pengukuran tegak guna mendapatkan beda tinggi antara titik titik yang diukur diatas permukaan bumi yang tidak beraturan ,yang pada akhirnya dapat digambar diatas bidang datar (Peta). Ilmu ukur tanah merupakan ilmu sebagai dasar dalam melaksanakan pekerjaan survey atau ukur mengukur tanah.Dalam bidang teknik sipil, meliputi pekerjaan-pekerjaan untuk semua proyek pembangunan, seperti perencanaan dan pembuatan gedung, jembatan, jalan, saluran irigasi. Sedangkan dalam bidang pertanian untuk perncanaan proyek seperti : pembukaan lahan baru, saluran irigasi dll.

Secara umum tujuan pekerjaan survey adalah untuk :

1. Menentukan posisi sembarang bentuk yang berbeda diatas permukaan bumi
2. Menentukan letak ketinggian (elevasi) segala sesuatu yang berbeda diatas atau dibawah suatu bidang yang berpedoman pada bidang permukaan air laut tenang
3. Menentukan bentuk atau relief permukaan tanah beserta luasnya
4. Menentukan panjang, arah dan posisi dari suatu garisyang terdapat diatas permukaan bumi yang merupakan batas dari suatu areal tertentu.

1.2. Manfaat pekerjaan survei dan pemetaan yang ditemui dalam kehidupan

1.2.1. Pengukuran untuk mencari luas tanah

Luas tanah sangat diperlukan untuk keperluan jual beli, penentuan pajak, dan untuk perencanaan pengembangan daerah, rencana jalan, rencana pengairan dan rencana transmigrasi

1.2.2. Pengukuran untuk mengetahui beda tinggi tanah

Sebelum suatu bangunan didirikan , maka terlebih dahulu harus diketahui tinggi permukaan tanah dan rencana meratakan tanahnya sehingga dapat dihitung seberapa tanah yang gigali dan berapa banyak urugan yang diperlukan serta untuk menentukan peil suatu bangunan yang akan dibangunan untuk pedoman ketinggian lantai dan sebagainya.Untuk memberi petunjuk berapa jauh antara tempat A ke tempat B maka kita harus membuat sket jalan dari tempat A ke tempat B. Gambar sket tersebut walaupun tidak sempurna dinamakan peta.

Untuk praktisnya pemerintah mulai dari tingkat desa, kecamatan, kabupaten , propinsi bahkan setiap Negara mempunyai ganbar daerahnya yang disebut peta. Peta tersebut harus digambar berdasarkan hasil

pengukuran tanah, baik pengukuran secara teoritis maupun secara fotogrametrik.

1.2.3. Pengukuran untuk merencanakan bangunan

Bila akan mendirikan rumah , maka harus ada ijin bangunan dari dinas pertanahan atau dinas pekerjaan umum. Pada setiap rencana pembangunan daerah , pembuatan jalan, rencana irigasi terlebih dahulu tanah yang akan dibangunan harus diukur dan disahkan oleh pemerintah daerah. Disamping hal tersebut pekerjaan ukur tanah merupakan hal sangat penting dalam merencana bangunan karena dapat memudahkan menghitung rencana biaya.

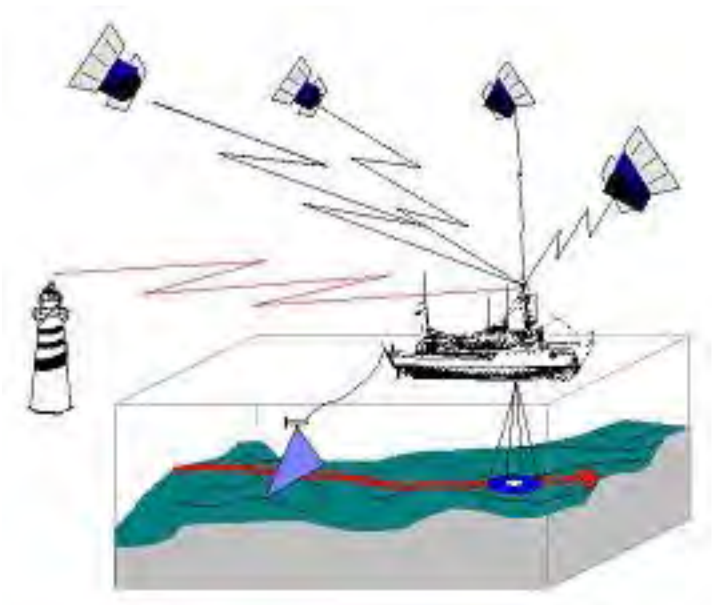
1.3. Survei – Survei Khusus

Banyak jenis survei yang begitu khusus sehingga seseorang yang mahir dalam disiplin ilmu tertentu mungkin memiliki sedikit hubungan dengan disiplin ilmu yang lain. seseorang yang berkarir di dunia survei dan pemetaan, bagaimanapun harus memiliki pengetahuan dalam setiap tahap, karena semua terkait erat dalam praktek modern. Beberapa klasifikasi penting dijelaskan secara singkat di sini.

- Survei Titik Kontrol membangun jaringan monumen horisontal dan vertikal yang berfungsi sebagai kerangka acuan untuk memulai survei lainnya. Banyak survei titik kontrol yang dilakukan saat ini dilakukan dengan menggunakan teknik geodesi satelit.
- Survei topografi menentukan lokasi fitur alami dan buatan atau untuk peningkatan informasi yang digunakan dalam pembuatan peta.
- Survey pertanahan atau batas tanah dan survey kadaster menetapkan garis wilayah dan sudut – sudut wilayah. Istilah kadaster sekarang umumnya diterapkan pada survei sistem pertanahan umum . Ada tiga kategori utama : **survei awal** untuk membangun sudut bagian baru di daerah yang belum dilakukan survei, contohnya yang masih terjadi di

Alaska dan beberapa negara barat , **survei retracement** untuk memulihkan batasan-batasan yang ditetapkan sebelumnya, dan survei subdivisi untuk membangun monumen dan menggambarkan paket baru kepemilikan . survei Kondominium , survey yang memberikan catatan hukum kepemilikan. .

- Survei hidrografi mendefinisikan garis pantai dan kedalaman danau, sungai , lautan , waduk , dan badan air lainnya . Sea survei dikaitkan dengan port dan industri lepas pantai dan lingkungan laut , termasuk pengukuran dan investigasi kelautan yang dibuat oleh personel shipborne .



Gambar 1.2 Survei Hidrografi

- **Survei keselarasan** dibuat untuk merencanakan , merancang, dan membangun jalan raya , rel kereta api , pipa , dan proyek linier lainnya. Mereka biasanya mulai pada satu titik kontrol dan kemajuan yang lain dengan cara yang paling langsung diizinkan oleh kondisi lapangan



Gambar 1.3 Survei tunneling

- **Survei konstruksi** memberikan garis , kelas , peningkatan kontrol, posisi horisontal , dimensi , dan konfigurasi untuk operasi konstruksi. Mereka juga mengamankan Data penting untuk komputasi jumlah konstruksi membayar .



Gambar 1.4 Survei Konstruksi

- **As- built survey**, merupakan survey lokasi dokumen final akurat dan tata letak rekayasa bekerja dan merekam setiap perubahan desain yang mungkin telah dimasukkan ke konstruksi . Ini sangat penting ketika fasilitas bawah tanah dibangun , sehingga lokasi mereka secara akurat dikenal untuk pemeliharaan tujuan , dan sehingga kerusakan tak terduga untuk mereka dapat dihindari selama instalasi kemudian

untuk utilitas bawah tanah lainnya. .



Gambar 1.5 Contoh Blue plan dari as built survey

- **Survei tambang** dilakukan di atas dan di bawah tanah untuk memandu tunneling dan operasi lainnya yang berhubungan dengan pertambangan. Klasifikasi ini juga mencakup survei geofisika untuk mineral dan eksplorasi sumber daya energi.



Gambar 1.6 Survei untukmonitoring kamajuan tambang

- **Survei surya (*Sunshot*)** memetakan batas properti , easements surya , penghalang menurut dengan sudut matahari , dan memenuhi persyaratan lain dari papan zonasi dan asuransi judul perusahaan .



Gambar 1.7 Survei Pengamatan matahari

- **Optical tooling** (juga disebut sebagai survei industri atau penyelarasan optik) adalah sebuah metode untuk membuat pengukuran sangat akurat untuk manufaktur proses di mana toleransi kecil diperlukan .



Gambar 1.8 Survei optical

Kecuali untuk survei kontrol , sebagian besar jenis lainnya yang dijelaskan biasanya dilakukan menggunakan pesawat- survei prosedur , tetapi metode geodetik dapat digunakan pada lain jika survei meliputi wilayah yang luas atau membutuhkan akurasi ekstrim . Tanah , udara , dan satelit survei klasifikasi luas kadang-kadang digunakan . Survey lapangan menggunakan pengukuran yang dilakukan dengan peralatan tanah berbasis seperti tingkat otomatis dan jumlah instrumen stasiun . Survei udara yang dicapai baik

menggunakan fotogrametri atau penginderaan jauh . fotogrametri menggunakan kamera yang dilakukan biasanya dalam pesawat untuk mendapatkan gambar , sedangkan jarak jauh penginderaan mempekerjakan kamera dan jenis-jenis sensor yang dapat diangkut baik pesawat atau satelit . Metode Aerial telah digunakan dalam semua khusus jenis survei yang terdaftar , kecuali untuk perkakas optik , dan di daerah ini terestrial (tanah berbasis) foto sering digunakan . Survei satelit meliputi penentuan lokasi tanah dari pengukuran yang dilakukan untuk satelit menggunakan GNSS penerima , atau penggunaan citra satelit untuk pemetaan dan pemantauan daerah besar Bumi .

1.4. Besaran dan Satuan yang digunakan dalam Survei Dan Pemetaan

Dalam pekerjaan survey dan pemetaan terdapat beberapa besaran dan satuan yang lazim digunakan. Besaran dan satuan ini digunakan dalam dalam data masukan (input), pengolahan dan keluaran (output)

1.4.1. Jarak/panjang dan tinggi (d,L,H)

Data jarak ini meliputi jarak dalam arti posisi horisontal dan vertikal. Posisi horisontal meliputi : d,D = jarak (*distance*); L = panjang (*acumulatif distance*) sedang posisi vertikal meliputi : h,H,t,T = tinggi dan beda tinggi (*height*).

Terdapat dua satuan panjang yang lazim digunakan dalam ilmu ukur tanah, yakni satuan metrik dan satuan britis. Yang digunakan disini adalah satuan metrik yang didasarkan pada satuan meter Internasional (meter standar) disimpan di Bereau Internationale des Poids et Mesures Bretevil dekat Paris.

Kelipatan dan bagian-bagian dari satu meter ini adalah

1. Km 1 Km = 1000 m
2. Hm 1 Hm = 100 m

3. Dam 1 dam = 10 m
4. M 1 m = 100 cm
5. Dm 1 dm = 0,1 m
6. Cm 1 cm = 0,01 m
7. Mm 1 mm = 0,001 m

1.4.2. Luas (A,L,S)

Ukuran luas yang digunakan Satuan luas yang biasa dipakai adalah meter persegi (m^2), untuk daerah yang relatif besar digunakan hektar (ha) atau sering juga kilometer persegi (km^2)

1 ha = 10000 m^2 1 Tumbak = 14 m^2
1 ha = 100 are
1 km^2 = 10^6 m^2 1 are = 100 m^2

1.4.3. Satuan isi /volume

Dalam Ukur tanah , untuk satuan isi/volume galian (cut) dan volume timbunan(fill) dipakai satuan meter kubik (m^3).

1m^3 = 1,307795 cubricyard (yd^3) = 35,3147 ft^3 = 61023,7 cm^3
1 $yard^3$ = 0,764555 m^3 = 27 ft^3 = 46656 in^3 = 764555 cm^3
1 in^3 = 16,38706 cm^3 = 16,38706 ml
1 cm^3 = 0,061024 in^3 = 1000 mm^3 = 1 ml (mili liter)

1.4.4. Satuan Sudut

Pengukuran sudut merupakan salah satu aspek penting dalam pengukuran dan pemetaan horizontal atau vertikal, baik untuk pengukuran dan pemetaan kerangka maupun titik-titik detail. Sistem besaran sudut yang dipakai pada beberapa alat berbeda antara satu dengan yang lainnya. Sistem besaran sudut pada pengukuran dan pemetaan dapat terdiri dari:

- Sistem besaran sudut seksagesimal
- Sistem besaran sudut sentisimal
- Sistem besaran sudut radian

Dasar untuk mengukur besaran sudut ialah lingkaran yang dibagi dalam empat bagian, yang dinamakan kuadran yaitu Kudran I,II,III dan kuadran IV.

a. Cara Sexagesimal lingkaran dibagi atas 360 bagian yang sama dan tiap bagian disebut derajat.Maka 1 kuadran = $90^{0.}$

$1^{o} = 60"$ $1" = 60"$ $1^{o} = 3600"$

Cara menuliskannya adalah $31^{0}10"30"$

b. Sistem besaran sudut sentisimal

Sistem besaran sudut sentisimal disajikan dalam besaran grid, centigrid dan centicentigrid. Cara sentisimal membagi lingkaran dalam 400 bagian, sehingga satu kuadran mempunyai 100 bagian yang dinamakan grid. Satu grid dibagi lagi dalam 100 centigrid dan 1 centigrid dibagi lagi dalam 100 centi-centigrid.

Dapat dituliskan sebagai berikut :

$1^{g} = 100^{cg}$

$1^{c} = 100^{ccg}$

$1^{g} = 10000^{ccg}$

c. Sistem besaran sudut radian

Sistem besaran sudut radian disajikan dalam sudut panjang busur. Sudut pusat di dalam lingkaran yang mempunyai busur sama dengan jari-jari lingkaran adalah sebesar satu radian. Karena keliling lingkaran ada 2 π r = 2 π rad.

1.4.5. Satuan Lain-lain yang ditemui dalam pengukuran

1. Sistem waktu (desimal)

   Sistem waktu digunakan dalam pengukuran astronomi. Nilai sudut desimal maksimal adalah 360. Atau :

   360 ° = 24 jam

   1 jam = 15°

   Cara menulis waktu adalah :

   $13^h\ 25^m\ 35^s$ = jam 13 lewat 25 menit 35 detik

   Dimana :

   h = hours = jam; m = minutes = menit; s = second = detik.

   Waktu wilayah ;yaitu waktu matahari menengah yang berpatokan pada suatu Meridian Standar dan berlaku seragam di wilayah tertentu.Misanya di Indonesia dikenal :

   - Waktu Indonesia Barat (WIB),yang berpatokan pada meridian dengan bujur λ w = + 105^0
   - Waktu Indonesia tengah (WITA),yang berpatokan pada meridian dengan bujur λ w = + 120^0
   - Waktu Indonesia Timur (WITI),yang berpatokan pada meridian dengan bujur λ w = + 135^0

   Selisih waktu-waktu tersebut adalah :

   WIB = GMT + 7^h

   WITA = GMT + 8^h

   WITI = GMT + 9^h

2. Ukuran –ukuran kertas gambar

   Kertas terbagi 3 seri yaitu :

   A_o series → general printing paper : 841 x 1189 mm

   B_o series → Wall charts,poster : 1000 x 1414 mm

   C_o serier → Series envelopes : 917 x 1297 mm

   $2A_o$ = 1169 x 1662 mm + pinggir 10 mm

A_o	=	821 x 1169 mm + pinggir 10 mm
A_1	=	574 x 821 mm + pinggir 10 mm
A_2	=	400 x 574 mm + pinggir 10 mm
A_3	=	287 x 400 mm + pinggir 10 mm
A_4	=	200 x 287 mm + pinggir 10 mm
A_5	=	138 x 200 mm + pinggir 10 mm

2

PENGENALAN ALAT SURVEY PEMETAAN

Pekerjaan survey dan pemetaan merupakan pekerjaan yang membutuhkan ketelitian yang cukup tinggi sehingga dibutuhkan peralatan yang menunjang keberhasilan pekerjaan tersebut. Oleh karena itu pekerjaan utama dalam ukur tanah adalah mengukur jarak dan sudut dan berdasarkan ini pula, maka alat-alat ukur tanah adalah alat-alat yang dipersiapkan untuk mengukur jarak dan atau sudut. Alat-alat yang digunakan ada yang tergolong sederhana dan ada yang tergolong modern. Sederhana atau modernnya alat ini dapat dilihat dari sederhana cara menggunakannya dan sederhana komponen alatnya.

Alat- alat ini ada yang tergolong alat-alat pekerjaan kantor dan alat pekerjaan lapangan. Alat kantor umumya berkaitan dengan alat tulis, gambar dan hitung, sementara alat lapangan berkaitan dengan alat-alat ukur. Alat-alat ini beragam bentuk dan fungsinya, umumnya merupakan peralatan optik dari yang konvensional sampai modern. Untuk lebih jelas, selanjutnya diuraikan mengenai peralatan yang digunakan dan fungsinya saat melakukan pengukuran.

2.1 Alat Ukur Jarak

2.1.1. Meteran

Meteran atau disebut pita ukur karena umumnya bendanya berbentuk pita dengan panjang tertentu. Sering juga disebut rol meter karena umumnya pita ukur ini pada keadaan tidak dipakai atau disimpan dalam bentuk gulungan atau rol, seperti terlihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Meteran

Fungsi utama atau yang umum dari meteran ini adalah untuk mengukur jarak atau panjang.

Yang perlu diperhatikan saat menggunakan meteran antara lain :

- Satuan ukuran yang digunakan Ada 2 satuan ukuran yang biasa digunakan, yaitu satuan Inggris (inch, feet, yard) dan satuan metrik (mm, cm, m)
- Satuan terkecil yang digunakan mm atau cm , inch atau feet
- Penyajian angka nol. Angka atau bacaan nol pada meteran ada yang dinyatakan tepat di ujung awal meteran dan ada pula yang dinyatakan pada jarak tertentu dari ujung awal meteran.

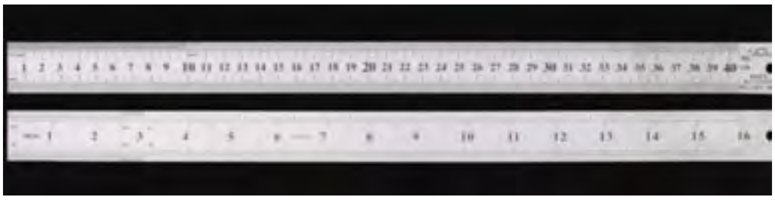
Cara menggunakan alat ini relatif sederhana, cukup dengan merentangkan meteran ini dari ujung satu ke ujung lain dari objek yang diukur. Namun demikian untuk hasil yang lebih akurat cara menggunkan alat ini sebaiknya dilakukan sebagai berikut:

- Lakukan oleh 2 orang
- Seorang memegang ujung awal dan meletakan angka nol meteran di titik yang pertama

- Seorang lagi memegang rol meter menuju ke titik pengukuran lainnya, tarik meteran selurus mungkin dan letakan meteran di titik yang dituju dan baca angka meteran yang tepat di titik tersebut.

2.1.2 Mistar

Mistar adalah alat ukur panjang yang memiliki skala terkecil 1 mm. Mistar ini memiliki ketelitian 0,5 mm yaitu setengah skala terkecil. Umumnya panjang yang digunakan sekitar 50 cm – 100 cm. Ketelitian adalah nilai terkecil yang masih dapat diukur oleh alat ukur.



Gambar 2.2 Mistar atau penggaris

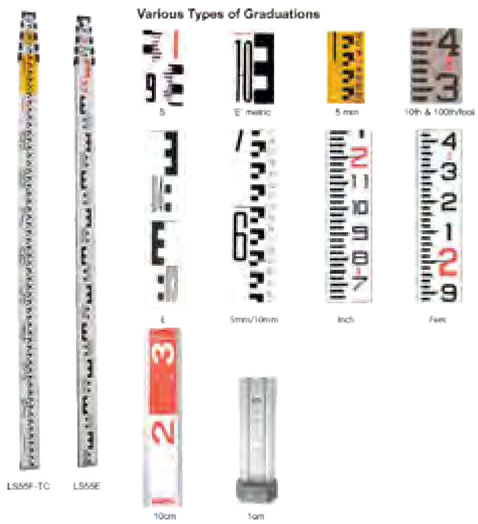
Mistar banyak dibutuhkan dalam kehidupan sehari hari, sebagai misal digunakan untuk mengukur panjang suatu meja, kain, buku, ruangan kelas dan lain lain

2.1.3 Rambu Ukur

Rambu ukur adalah alat yang terbuat dari kayu atau campuran alumunium yang diberi skala pembacaan. Alat ini berbentuk mistar ukur yang besar, mistar ini mempunyai panjang 3, 4 bahkan ada yang 5 meter. Skala rambu ini dibuat dalam cm, tiap-tiap blok merah, putih atau hitam menyatakan 1 cm, setiap 5 blok tersebut berbentuk huruf E yang menyatakan 5 cm, tiap 2 buah E menyatakan 1 dm. Tiap-tiap meter diberi warna yang berlainan, merah-putih, hitam-putih, dll. Kesemuanya ini dimaksudkan agar memudahkan dalam pembacaan rambu.. Contoh rambu ukur dapat dilihat pada gambar 2.3.

Fungsi yang utama dari rambu ukur ini adalah untuk mempermudah/membantu mengukur beda tinggi antara garis bidik dengan permukaan tanah. Hal yang perlu diperhatikan dari rambu adalah :

- Skala rambu dalam cm atau mm atau interval jarak pada garis-garis dalam rambu tersebut setiap berapa cm atau berapa mm.
- Skala dari rambu, terutama pada daerah sambungan rambu harus benar.



Gambar 2.3 Rambu ukur

Cara menggunakan rambu ukur :

1. Atur ketinggian rambu ukur dengan menarik batangnya sesuai dengan kebutuhan, kemudian kunci.
2. Letakkan dasar rambu ukur tepat diatas tengah-tengah patok (titik) yang akan dibidik.
3. Usahakan rambu ukur tersebut tidak miring/condong (depan, belakang, kiri dan kanan), karena bisa mempengaruhi hasil pembacaan.

2.2. Alat Ukur Sudut

2.2.2. Kompas

Kompas adalah sebuah alat dengan komponen utamanya jarum dan lingkaran berskala. Salah satu ujung jarumnya dibuat dari besi berani atau magnit yang ditengahnya terpasang pada suatu sumbu, sehinngga dalam keadaan mendatar jarum magnit dapat bergerak bebas ke arah horizontal atau mendatar menuju arah utara atau selatan. Kompas yang lebih baik dilengkapi dengan nivo, cairan untuk menstabilkan gerakan jarum dan alat pembidik atau visir. Kompas ini bergam jenis dan bentuknya.



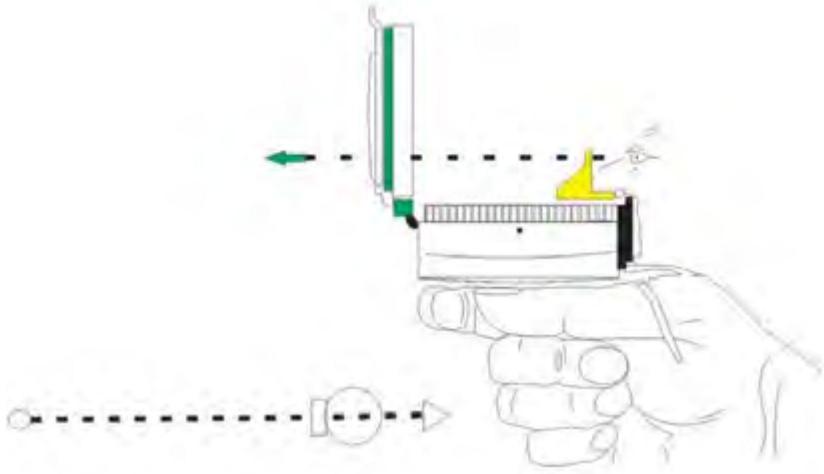
Gambar 2.2 Kompas

Fungsi utama dari kompas adalah untuk menentukan arah mata angin terutama arah utara atau selatan sesuai dengan magnit yang digunakan. Kegunaan lain yang juga didasarkan pada penunjukkan arah utara atau selatan adalah (1) penentuan arah dari satu titik/tempat ke titik/tempat lain, yang ditunjukkan oleh besarnya sudut azimut, yaitu besarnya sudut yang dimulai dari arah utara atau selatan, bergerak searah jarum jam sampai di arah yang dimaksud, (2) mengukur sudut horizontal dan (3) membuat sudut siku-siku.

Cara menggunakan kompas untuk menentukan arah ke suatu tujuan :

- Pegang Alat dengan kuat di atas titik pengamatan

- Atur agar alat dalam keadaan mendatar agar jarum dapat bergerak dengan bebas. Kalau alat ini dilengkapi dengan nivo atur gelembung nivo ada di tengah
- Baca angka skala lingkaran yang menuju arah/titik yang dimaksud.



Gambar 2.3 Cara menggunakan kompas dengan benar

2.2.2. Theodolite

Theodolite atau theodolit adalah instrument / alat yang dirancang untuk menentukan tinggi tanah pengukuran sudut yaitu sudut mendatar yang dinamakan dengan sudut horizontal dan sudut tegak yang dinamakan dengan sudut vertical. Dimana sudut – sudut tersebut berperan dalam penentuan jarak mendatar dan jarak tegak diantara dua buah titik lapangan. Teodolit merupakan salah satu alat ukur tanah yang digunakan untuk menentukan sudut mendatar dan sudut tegak. Sudut yang dibaca bisa sampai pada satuan sekon (detik).

Dalam pekerjaan – pekerjaan ukur tanah, teodolit sering digunakan dalam pengukuran polygon, pemetaan situasi maupun pengamatan matahari. Teodolit juga bisa berubah fungsinya menjadi seperti PPD bila sudut vertikalnya dibuat 90°. Dengan adanya teropong yang terdapat pada teodolit, maka teodolit bisa dibidikkan ke segala arah. Untuk pekerjaan-pekerjaan bangunan gedung, teodolit sering digunakan untuk menentukan

sudut siku-siku pada perencanaan / pekerjaan pondasi, juga dapat digunakan untuk mengukur ketinggian suatu bangunan bertingkat.



Gambar 2. Theodolite Digital

Theodolite merupakan alat yang paling canggih di antara peralatan yang digunakan dalam survei. Pada dasarnya alat ini berupa sebuah teleskop yang ditempatkan pada suatu dasar berbentuk membulat (piringan) yang dapat diputar-putar mengelilingi sumbu vertikal, sehingga memungkinkan sudut horisontal untuk dibaca. Teleskop tersebut juga dipasang pada piringan kedua dan dapat diputar-putar mengelilingi sumbu horisontal, sehingga memungkinkan sudut vertikal untuk dibaca. Kedua sudut tersebut dapat dibaca dengan tingkat ketelitian sangat tinggi.

Persyaratan pengoperasian theodolite

Syarat – syarat utama yang harus dipenuhi alat theodolite sehingga siap dipergunakan untuk pengukuran yang benar adalah sbb :

1. Sumbu ke I harus tegak lurus dengan sumbu II / vertical (dengan menyetel nivo tabung dan nivo kotaknya).
2. Sumbu II harus tegak lurus Sumbu I
3. Garis bidik harus tegak lurus dengan sumbu II (Sumbu II harus mendatar).
4. Tidak adanya salah indeks pada lingkaran kesatu (kesalahan indek vertical sama dengan nol.)

5. Apabila ada nivo teropong, garis bidik harus sejajar dengan nivo teropong

6. Garis jurusan nivo skala tegak, harus sejajar dengan garis indeks skala tegak

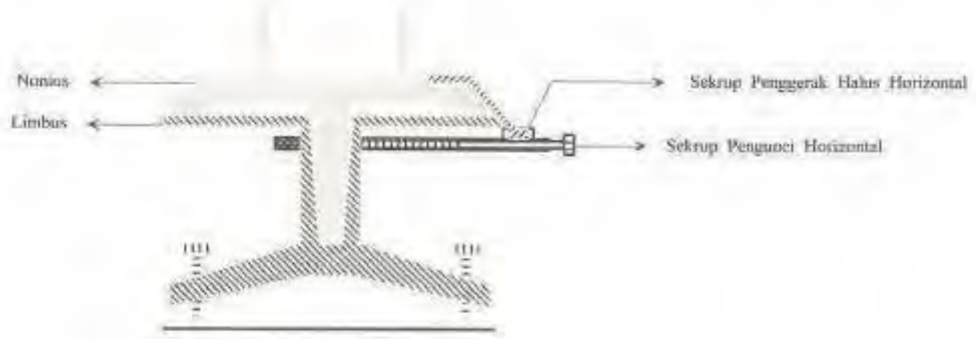
7. Garis jurusan nivo skala mendatar, harus tegak lurus dengan sumbu II (Garis bidik tegak lurus sumbu kedua / mendatar).

1.2.3. Macam – Macam Theodolit

Dari konstruksi dan cara pengukuran, dikenal 3 macam theodolite :

1. Theodolite Reiterasi

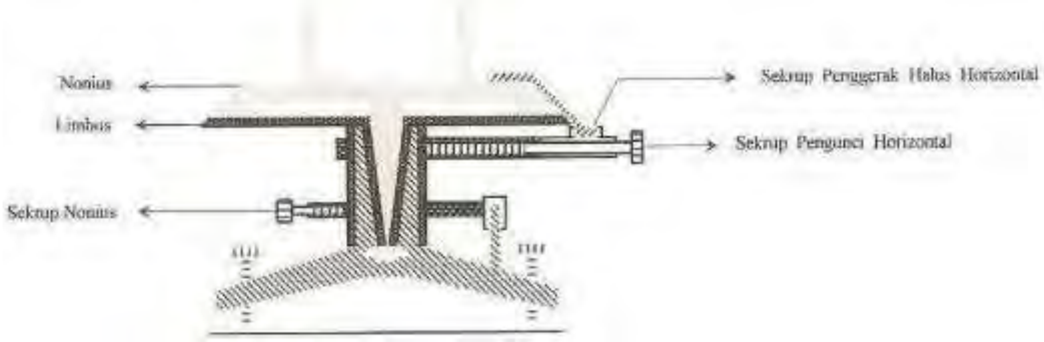
Pada theodolite reiterasi, plat lingkaran skala (horizontal) menjadi satu dengan plat lingkaran nonius dan tabung sumbu pada kiap. Sehingga lingkaran mendatar bersifat tetap. Pada jenis ini terdapat sekrup pengunci plat nonius.



Gambar 2: Konstruksi Theodolite Type Reiterasi

2. Theodolite repetisi

Pada theodolite repetisi, plat lingkarn skala mendatar ditempatkan sedemikian rupa, sehingga plat ini dapat berputar sendiri dengan tabung poros sebagai sumbu putar. Pada jenis ini terdapat sekrup pengunci lingkaran mendatar dan sekrup nonius.



Gambar 3: Konstruksi Theodolite Type Repetisi

3. Theodolite Elektro Optis

Dari konstruksi mekanis sistem susunan lingkaran sudutnya antara theodolite optis dengan theodolite elektro optis sama. Akan tetapi mikroskop pada pembacaan skala lingkaran tidak menggunakan system lensa dan prisma lagi, melainkan menggunkan system sensor. Sensor ini bekerja sebagai elektro optis model (alat penerima gelombang elektromagnetis). Hasil pertama system analogdan kemudian harus ditransfer ke system angka digital. Proses penghitungan secara otomatis akan ditampilkan pada layer (LCD) dalam angka decimal.



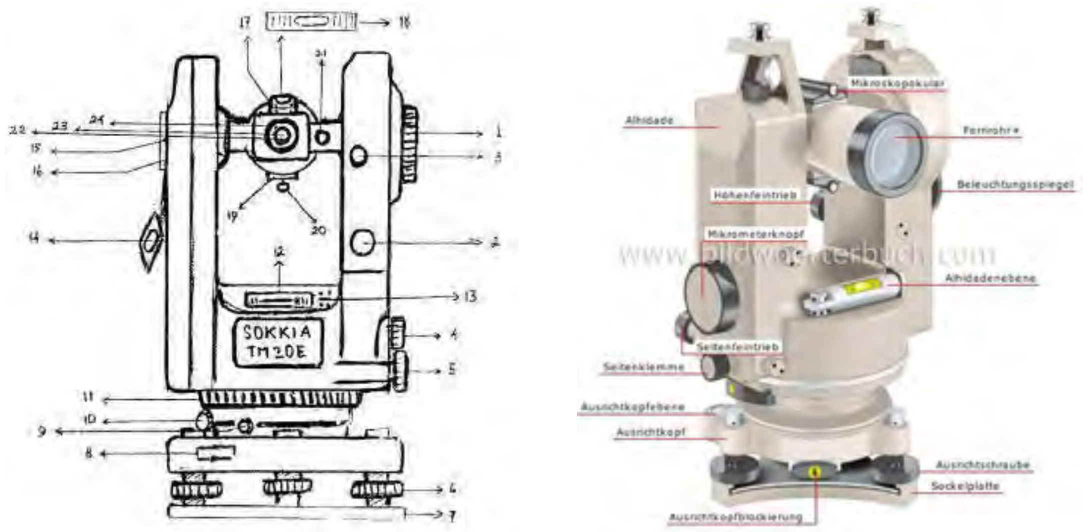
Gambar 4: Theodolite Elektro Tipis

1.2.4. Pengoperasian Theodolite

Penyiapan Alat Theodolite

Cara kerja penyiapan alat theodolit antara lain :

1. Kendurkan sekrup pengunci perpanjangan
2. Tinggikan setinggi dada
3. Kencangkan sekrup pengunci perpanjangan
4. Buat kaki statif berbentuk segitiga sama sisi
5. Kuatkan (injak) pedal kaki statif
6. Atur kembali ketinggian statif sehingga tribar plat mendatar
7. Letakkan theodolite di tribar plat
8. Kencangkan sekrup pengunci centering ke theodolite
9. Atur (levelkan) nivo kotak sehingga sumbu kesatu benar-benar tegak / vertical dengan menggerakkan secara beraturan sekrup pendatar / kiap di tiga sisi alat ukur tersebut.
10. Atur (levelkan) nivo tabung sehingga sumbu kedua benar-benar mendatar dengan menggerakkan secara beraturan sekrup pendatar / kiap di tiga sisi alat ukur tersebut.
11. Posisikan theodolite dengan mengendurkan sekrup pengunci centering kemudian geser kekiri atau kekanan sehingga tepat pada tengah-tengah titi ikat (BM), dilihat dari centering optic.
12. Lakukan pengujian kedudukan garis bidik dengan bantuan tanda T pada dinding.
13. Periksa kembali ketepatan nilai index pada system skala lingkaran dengan melakukan pembacaan sudut biasa dan sudut luar biasa untuk mengetahui nilai kesalaha index tersebut.



Gambar 5: Sketsa Theodolite SOKKIA TM20E pandangan dari belakang

Keterangan :

1. Tombol micrometer
2. Sekrup penggerak halus vertical
3. Sekrup pengunci penggerak vertical
4. Sekrup pengunci penggerak horizontal
5. Sekrup penggerak halus horizontal
6. Sekrup pendatar Nivo
7. Plat dasar
8. Pengunci limbus
9. Sekrup pengunci nonius
10. Sekrup penggerak halus nonius
11. Ring pengatur posisi horizontal
12. Nivo tabung
13. Sekrup koreksi Nivo tabung
14. Reflektor cahaya
15. Tanda ketinggian alat
16. Slot penjepit
17. Sekrup pengunci Nivo Tabung Telescop

18. Nivo Tabung Telescop
19. Pemantul cahaya penglihatan Nivo
20. Visir Collimator
21. Lensa micrometer
22. Ring focus benang diafragma
23. Lensa okuler
24. Ring focus okuler

2

PENENTUAN POSISI VERTIKAL (Kerangka Dasar Vertikal)

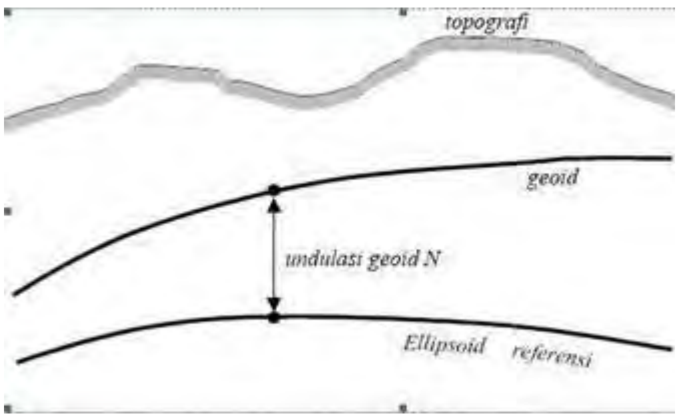
1. Indikator Keberhasilan.

Peserta mampu mendeskripsikan beda tinggi, serta mampu menentukan beda tinggi/tinggi titik dengan cara barometris, trigoniometris dan cara sipat datar.

2. Uraian Materi.

- **Pengertian Sipat Datar**

  Yang dimaksud dengan sipat datar adalah : cara pengukuran (proses) yang menentukan tinggi titik/evaluasi atau menentukan beda tinggi antara titik yang satu dengan titik-titik lainnya. Tinggi titik-titik itu ditentukan terhadap suatu bidang persamaan, yang umumnya disebut bidang nivo pada permukaan air laut rata-rata (MSL) atau geoid (gambar 2.1).



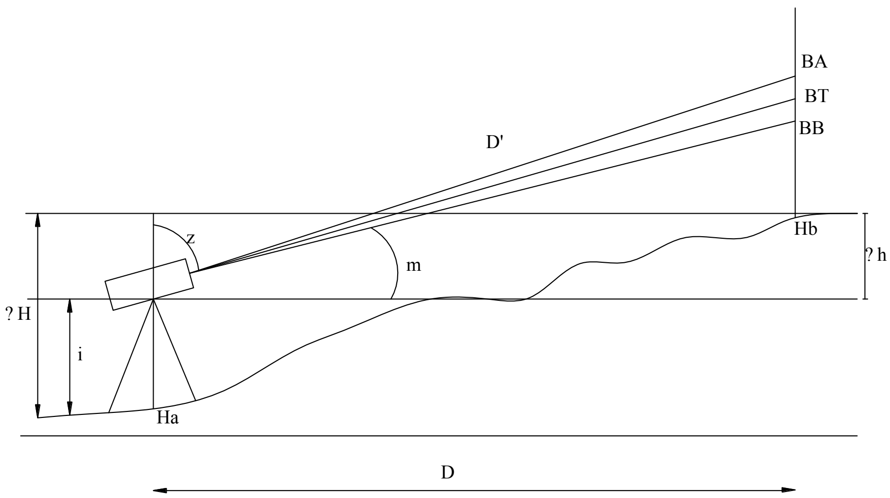
Gambar 2.1 Bidang Geoid

- **Cara Penentuan Tinggi Titik**

  Cara penentuan beda tinggi/tinggi titik dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu :

  a. Cara barometris : cara ini sangat tidak teliti karena pengukurannya berdasarkan tekanan atmosfir udara. Sedang tekanan atmosfir udara di tiap-tiap tempat tidak sama.

  b. Cara trigonometris : cara ini lebih baik dari pada cara barometris, tetapi masih kurang teliti karena caranya dengan mengukur sudut elevasi (m), atau depresi (d) dan sudut zenith (z) dari garis penghubung dua titik yang akan di ukur beda tingginya (gambar 2.2).



Gambar 2.2. Pengukuran cara Trigonometrik

  c. Cara sipat datar : cara ini lebih baik dari kedua cara tersebut di atas, karena pengukurannya mempergunakan alat sipat datar yang dikontruksi dengan berpedoman pada sipat gaya berat. Sehingga dengan alat ini dapat di ukur horizontal atau garis horizontal.

  - Cara Barometris.
    - Pengukuran beda tinggi dengan alat Barometer.

      Beda tinggi antara dua titik dapat diukur dengan cara mengukur tekanan atmosfir udara pada kedua tempat titik tersebut dengan suatu alat yang disebut barometer.

Tekanan atmosfir pada suatu tempat tergantung pada kolom atmosfir yang berada di atasnya, yang besarnya tergantung dari ketinggiannya dipermukaan bumi. Prinsip pengukurannya adalah dengan cara mengukur tekanan untuk memperoleh beda tinggi. Pengukuran barometrik ini hasilnya masih belum dapat dikatakan teliti, karena tekanan atmosfir ini besarnya tergantung dari temperatur, kelembaban udara, kepadatan udara dan gaya tarik bumi. Oleh sebab itu dari hasil pembacaan barometer perlu diadakan koreksi terhadap temperatur maupun grafitasi bumi. Sedang ketelitiannya tergantung dari cara pengukuran dan jenis alat yang dipergunakan.

Untuk mengukur beda tinggi antara dua titik A dan B dapat menggunakan sebuah barometer saja, atau dapat pula mempergunakan dua barometer. Alat-alat yang dipergunakan adalah : barometer, termometer dan hygrometer (gambar 2.3, 2.4 dan 2.5).



Gambar 2.3 Barometer aneroid (hampa udara)



Gambar 2.4. Termometer



Gambar 2.5. Hygrometer

Cara Pengukuran :

Misalkan kita akan mengukur beda tinggi antara titik A dengan titik B dan C adalah sebagai berikut (gambar 1.6)



Gambar 2.6 Bagan Pengukuran di lapangan 1

- Alat yang dipergunakan, sebuah barometer dan sebuah termometer.
- Tempatkan termometer dan barometer di titik A dan catat hasil bacaannya.
- Bawalah termometer dan barometer menuju titik B dan C, kemudian kembali menuju ke titik A, melalui titik B dan C. Pada setiap titik yang dilalui bacalah termometer dan barometer, lalu di catat hasilnya dengan menggunakan tabel.
- Dengan menggunakan rumus beda tinggi tertentu dapat dicari beda tingginya. Jika titik A diketahui tingginya, maka dapat dihitung tinggi B dan C.

Untuk lebih jelas akan diberikan contoh perhitungan dari hasil data lapangan.

Contoh : Dari hasil pengamatan dilapangan seperti tabel dibawah ini.

WAKTU	TITIK AWAL (A)		TITIK LAPANGAN			t Rata-rata
	P_1mm Hg	t (^{0}C)	ST A	P_2mm Hg	t (^{0}C)	
t_0 = 7,30	792,2	-	A	790,8	-	-
t_1 = 7.45	892,7	23,4	B	795,0	23,6	23,5
t_2 = 8.00	793,1	25,1	C	761,1	24,3	24,7
t_3 = 8.15	792,8	26,4	C	760,9	26,6	26,5
t_4 = 8.30	291,8	27,3	B	794,2	27,3	27,3
t_5 = 8.45	791,4	-	A	790,3	-	-

Dari tabel pengamatan tersebut ternyata terdapat perbedaan tekanan udara antara barometer ke I dengan barometer ke II pada awal pengukuran jam 7.30 , yaitu sebesar :

$P_2 – P_1$ = 790,8 – 792,2 = - 1,4 mm Hg

Demikian pula pada akhir pengukuran pada jam 8.45 terdapat selisih tekanan udara sebesar :

$P_2 – P_1$ = 790,3 – 791,4 = - 1,1 mm Hg

Harga rata-rata = $\frac{(-1{,}4)+(-1{,}1)}{2}$ = - 1,25 mm Hg

Karena barometer yang dipakai sebagai pengukuran dilapangan adalah barometer ke II, maka barometer ke I harus diberi koreksi sebesar –1,25 mm Hg.

Sehingga harga P_1 di titik awal (A) menjadi :

Pada jam 7.30 = 792,2 – 1,25 = 790,95

Pada jam 7.45 = 792,7 – 1,25 = 791,45

Pada jam 8.00 = 793,1 – 1,25 = 791,85

Pada jam 8.15 = 792,2 – 1,25 = 791,55

Pada jam 8.30 = 791,8 – 1,25 = 790,55

Pada jam 8,45 = 791,4 – 1,25 = 791,15

Secara sederhana beda tinggi antara dua titik dapat dihitung dengan rumus :

$$h_2 - h_1 = \bar{K} \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)\frac{T}{T_s}$$

Dimana $\bar{K} = \dfrac{P_s}{M.S_s.g_s}$ = parameter

M = Modulus log Brigg

S_s = Kepadatan udara standar

g_s = (gravity) percepatan gaya berat

Apabila menggunakan harga standar sebagai berikut :

P_s = 101325 N/m^2 yang sesuai dengan tekanan 760 mm Hg pada temperatur 0^0C dan g = 9,80665 N/kg.

S_s = 1,2928 kg/m^3 pada temperatur 0^0C dan tekanan 760 mm Hg.

g_s = 9,80665 N/kg pada ketinggian nol dan lintang 45^0.

Maka harga parameternya

$$\bar{K} = \frac{101325}{(0{,}4342945)(1{,}2928)(9{,}80665)}$$

$$= \frac{101325}{5{,}506001792}$$

= 18402,645

Dengan demikian rumus beda tinggi menjadi :

$$h_2 - h_1 = 18402{,}645 \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right).\frac{T}{T_s}$$

DimanaP_1= tekanan udara pada h_1 dalam mm Hg

P_2= tekanan udara pada h_2 dalam mm Hg

T = temperatur udara rata-rata pada ketinggian h_1 dan h_2 + ^{0}K = (t + 273).

T_s=temperatur udara standar 273^0K

Rumus di atas dapat pula di tulis seperti berikut :

$$h_2 - h_1 = 18402,645 \log \left(\frac{P_1}{P_2}\right)(1 + \angle t)$$

Dimana t = temperatur rata-rata pada kedua tempat yang dicari beda tingginya dalam ^{0}C.

$$\alpha = \frac{1}{273} = 0,003663$$

Hasil pengamatan pada tabel tersebut di atas apabila dihitung dengan rumus :

$$h_2 - h_1 = 18402,645.\log \left(\frac{P_1}{P_2}\right).\left(\frac{T}{T_s}\right) \text{ adalah :}$$

$$^h(A\text{-}B) = 18402,645 \log \left(\frac{791,45}{795,0}\right).\left(\frac{24,7+273}{273}\right)$$

$$= -38,847 \text{ m}$$

$$^h(A\text{-}C) = 18402,645 \log \left(\frac{791,85}{761,1}\right).\left(\frac{24,7+273}{273}\right)$$

$$= 345,186 \text{ m}$$

$$^h(A\text{-}C) = 18402,645 \log \left(\frac{791,55}{760,9}\right).\left(\frac{26,5+273}{273}\right)$$

$$= 346,257 \text{ m}$$

$$^h(A\text{-}B) = 18402,645 \log \left(\frac{790,55}{794,2}\right).\left(\frac{27,3+273}{273}\right)$$

$$= -40,497 \text{ m.}$$

Dari hasil tersebut di atas, rata-ratanya adalah :

$$^h(A\text{-}B) \text{ rata-rata} = \left(\frac{-38,847 - 40,497}{2}\right) \text{ m} = -39,672 \text{ m}$$

$$^h(A\text{-}C) \text{ rata-rata} = \left(\frac{345,186m + 346,257m}{2}\right) = 345,721 \text{ m}$$

$$^h(B\text{-}C) = {}^h(A\text{-}C) - {}^h(A\text{-}B)$$

= (345,721 m) – (-39,672 m) = 385,393 m

Misalkan diketahui tinggi titik A (h_A) = + 583 m.

maka tinggi titik B (h_B) = 583 m + (-39,672 m) = 543,328 m

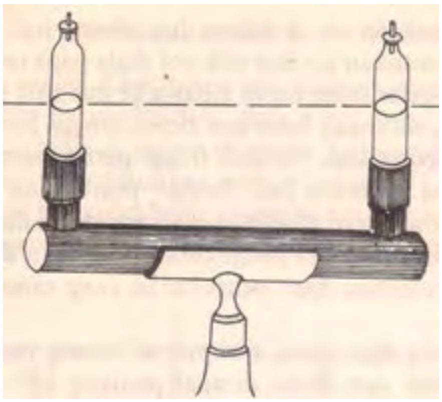
tinggi titik C (h_C) = 583 m + 345,721 m = 928,721 m

atau h_B + h (B-C) = 543,328 m + 385,393 m =928,721 m

- **Pengukuran Sipat Datar Tabung Gelas**.

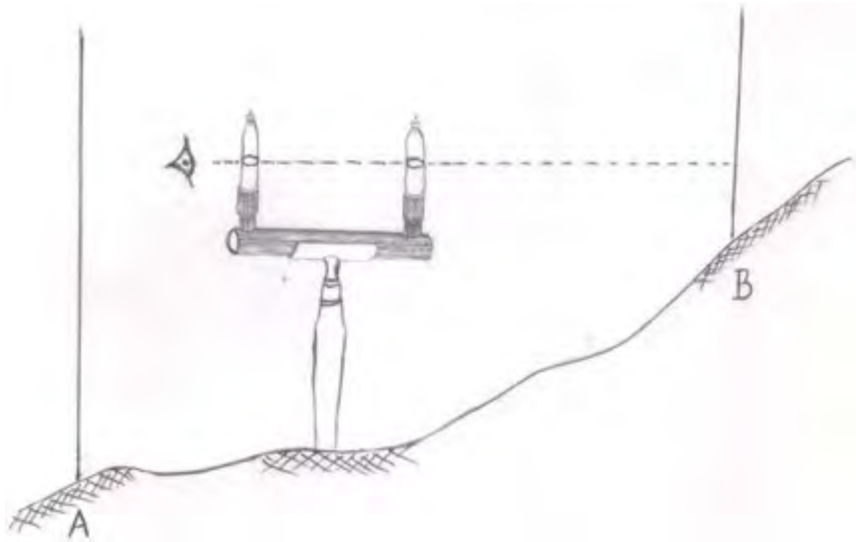
  Alat ukur ini sangat sederhana sekali terdiri dari dua tabung gelas yang dihubungkan dengan pipa logam yang diletakkan di atas kaki tiga (statif).Tabung gelas dan pipa logam diisi dengan zat cair yang berwarna.

  Pengisian zat cair pada tabung gelas jangan terlalu penuh sehingga dapat dilihat permukaan zat cair pada kedua tabung gelas tersebut (gambar 2.7).



Gambar 2.7. Alat sipat datar tabung gelas

Alat sipat datar tabung gelas pada saat sekarang ini sudah jarang digunakan karena disamping ketelitian membidik sangat terbatas, juga penggunaan alat ini harus ekstra hati-hati karena tabung gelasnya mudah pecah. Cara penggunaan alat ini adalah sebagai berikut (gambar 2.8).



Gambar 2.8. Bagan Pengukuran di lapangan 2

- Tempatkan sipat datar tabung gelas yang sudah diisi dengan air berwarna di antara dua titik A dan B yang akan di ukur beda tingginya.
- Pasang patok pada titik A dan tempatkan tongkat ukur atau rambu ukur di atas patok A tegak lurus.
- Bidik tongkat ukur atau rambu ukur di A melalui kedua permukaan zat cair pada tabung gelas dan catat bacaan belakang.
- Pasang patok pada titik B dan tempatkan tongkat ukur atau rambu ukur di atas patok B tegak lurus.
- Bidik tongkat ukur atau rambu di B melalui kedua permukaan zat cair pada tabung gelas dan catat bacaannya sebagai hasil bacaan muka.
- Misalkan bacaan rambu belakang sama dengan b dan bacaan rambu muka adalah m, maka beda tinggi antara A dan B adalah :

$$h = b - m$$

Jika ketinggian titik A telah diketahui, maka tinggi titik B dapat dihitung, yaitu :

$$T_B = T_A + h$$

- **Pengukuran Sipat Datar Slang Plastik**

  Alat ukur sipat datar yang paling sederhana, murah dan mudah di dapat adalah slang plastik. Waktu dulu sebelum ada slang plastik, untuk membuat bidang datar orang mempergunakan slang karet yang ada pada kedua ujung tabung gelas ini terbuka sehingga apabila slang karet diisi dengan air, maka kedua permukaan air pada tabung gelas akan terlihat dan dalam keadaan setimbang. Ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam menggunakan alat ini, adalah :

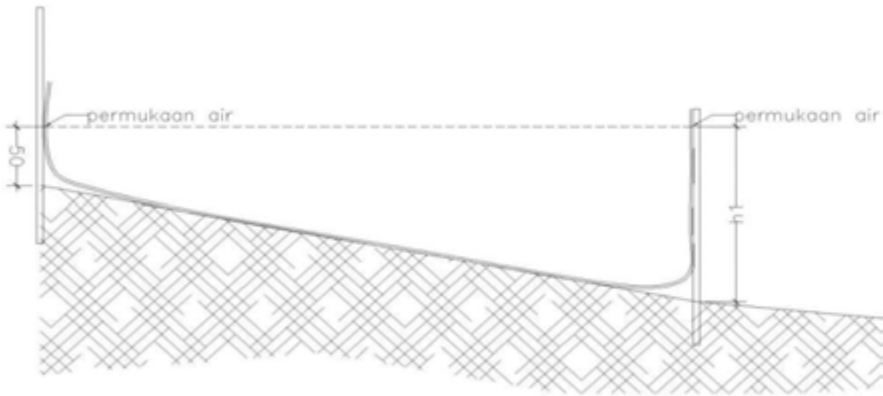
  - Di dalam slang tidak boleh ada gelembung-gelembung udara.
  - Tidak boleh ada kebocoran
  - Slang jangan sampai terpuntir atau terlipat
  - Jangan sampai ada kotoran yang menyumbat di dalam slang.

  Pada saat sekarang ini dengan telah diketemukannya slang plastik bening, maka orang lebih suka menggunakan slang plastik. Keuntungan mempergunakan slang plastik ini adalah :

  - Kedua permukaan zat cair pada slang plastik bening telah dapat terlihat sehingga tidak perlu lagi mempergunakan tabung gelas.
  - Keadaan di dalam slang plastik dapat terlihat dengan jelas sehingga adanya gelembung udara atau kotoran secara cepat dapat diketahui dan dihilangkan.
  - Penggunaannya lebih mudah, ringan dan harganya relatif lebih murah dibandingkan slang karet.

Cara Pengukuran Beda Tinggi Dengan Slang Plastik

Untuk mengukur beda tinggi antara dua titik dengan slang plastik dapat dilakukan sebagai berikut (gambar 2.9).

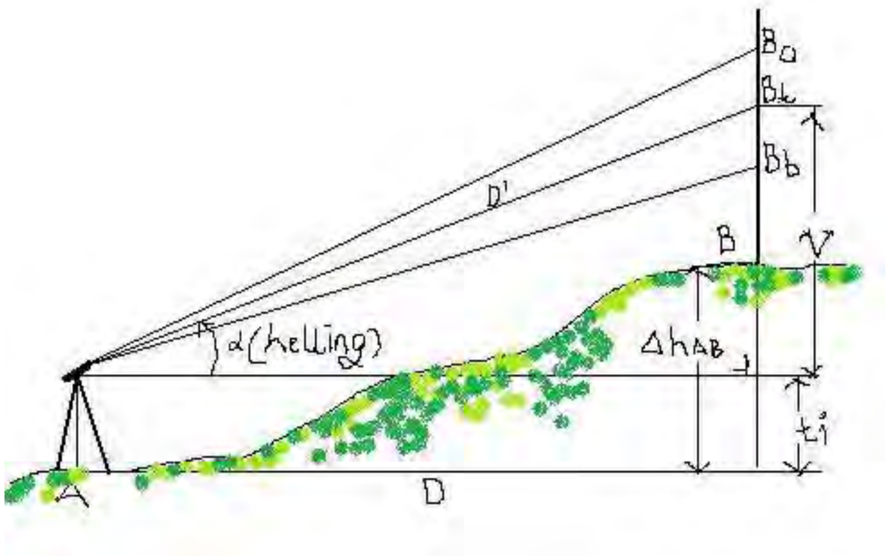


Gambar 2.9 Pengukuran beda tinggi dengan slang.

- Pekerjaan ini dapat dilakukan oleh dua orang
- Siapkan slang plastik diameter 10 mm dengan panjang secukupnya (antara 25 m sampai 100 m), kemudian di isi dengan air yang bersih.
- Pasang tongkat ukur atau rambu ukur pada kedua titik A dan B yang akan di ukur beda tingginya, kemudian tempelkan ujung-ujung plastik pada kedua tongkat atau rambu di A dan di B.
- Pastikan bahwa tongkat atau rambu dalam keadaan tegak lurus dan slang bebas dari gelembung atau terpuntir.
- Setelah kedua permukaan dalam keadaan tenang, kemudian baca dan catat hasil bacaannya. Atau dapat dengan cara mengukur tinggi permukaan air sampai ke titik A maupun titik B.
- Jika hasil bacaan di titik A adalah h_1 dan bacaan di titik b h_2, maka beda tinggi titik A dan B adalah :

- Cara Trigonometris.

  Pada pengukuran tinggi secara trigonometris ini beda tinggi diperoleh secara tidak langsung, karena yang diukur adalah sudut miringnya (helling) atau sudut zenit. Apabila jarak mendatar atau jarak miringnya diketahui atau diukur, maka dengan memakai hubungan geometris dapat dihitung beda tinggi yang hendak ditentukan itu. (Lihat gambar 2.10).



Gambar 2.10. Cara Trigonometris

Keterangan. :

A = tempat berdiri instrumen

B = titik yang akan dicari tingginya

i = tinggi instrumen

α = sudut miring (helling)

D" = jarak miring antara titik A dan titik B

D = jarak mendatar antara titik A dan titik B

Ba = pembacaan rambu/baak ukur (benang atas)

Bt = pembacaan rambu/baak ukur (benang tengah)

Bb = pembacaan rambu/baak ukur (benang bawah)

Benang tengah sebagai kontrol 2 Bt = Ba + Bb

Unsur-unsur yang diukur adalah : i, Z, Ba (pembacaan benang atas), Bt (pembacaan benang tengah) dan BB (pembacaan benang bawah), Sehingga perhitungannya adalah :

$D = A\ (Ba - Bb) \times \cos2\ \alpha + B \cos \alpha$

A = konstanta pengali, besarnya biasa dipakai 100

B = konstanta penambah, dianggap kecil sekali, maka B = 0

Jadi jarak datar adalah :

$D = 100\ (Ba - Bb) \times \cos2\ \alpha$

Hitungan beda tinggi adalah :

ϒ hAB = D x tan α + i – Bt

ϒ hAB = beda tinggi antara titik A dan titik B

Jadi tinggi titik B adalah :

HB = HA + ϒ hAB

- **Cara Sipat Datar.**

  Cara penentuan tinggi titik ataupun beda tinggi, yang paling teliti adalah dengan alat sipat datar optik. Ada beberapa jenis instrumen sipat datar yang sering dipergunakan untuk pengukuran, diantaranya adalah sebagai berikut :

  - **Macam- macam sipat datar :**

  ➢ **Instrumen Sipat Datar Jenis Y**

  Instrumen sipat datar jenis Y ini terdiri sebuah teropong yang didukung oleh penyangga yang berbentuk huruf Y. Teropong ini dapat diangkat dari penopangnya dan diputar ujungnya dengan melepas pasak pengancing bagian atas penopang teropong. Karena instrumen ini banyak bagian yang dapat disetel pada waktu pengukuran, maka konstruksinya dibuat agar mudah penyetelannya pada saat pengukuran. Akibat seringnya disetel-setel, maka kemungkinan aus adalah besar. Sehingga alat ini sekarang sudah tidak digunakan lagi.

- **Instrumen Sipat Datar Semua Tetap (Dumpy Levels)**

  Instrumen sipat datar Dumpy level ini hampir sama dengan instrumen sipat datar Y. Hanya saja bagian yang dapat digerakkan telah dipasang mati dari pabriknya, sehingga sumbu ke II telah tegak lurus dengan sumbu ke I. Secara mekanis instrumen ini sangat stabil, sehingga ada yang menyebutkan tipe kekar.

- **Instrumen Sipat Datar Semua Tetap Dengan Pengungkit** (Tilting Levels).

  Instrumen sipat datar tilting levels ini adalah satu jenis alat sipat datar yang banyak dipergunakan dalam dunia pengukuran dan cocok untuk hampir semua pekerjaan pengukuran sipat datar. Instrumen tilting level ini berbeda dengan Dumpy level karena sumbu ke I dan sumbu ke II tidak dipasang mati, Melainkan dapat diatur. Teropongnya dapat diungki sedikit dengan sekrup pengungkit. Oleh karena itu jenis ini juga sering disebut tipe jungkit. Dengan adanya teropong dapat diungkit sedikit dari sendinya, maka apabila sumbu ke I penyetelannya kurang vertikal sedikit, sumbu ke II dapat didatarkan dengan sekrup pengungkit.

- **Instrumen Sipat Datar Otomatik**

  Instrumen sipat datar otomatik ini mempunyai prisma kompensator yang terdapat di dalam teropong. Dengan adanya prisma kompensasator ini maka jika kedudukan teropong kurang datar sedikit, garis bidik akan dapat mendatar dengan sendirinya.

  Prisma kompensator berfungsi untuk membuat garis bidik tetap mendatar walaupun teropong kurang mendatar sedikit. Jadi berbeda dengan tilting level maupun Dumpy level yang menggunakan pertolongan nivo tabung untuk membuat garis bidik mendatar. Pada otomatic level ini

hanya mempunyai satu nivo yaitu nivo kotak yang berfungsi untuk membuat sumbu ke satu vertikal.

- **Penyetelan Instrumen Sipat Datar**

  Instrumen sipat datar atau pesawat sipat datar sebelum digunakan untuk mengukur perlu diadakan pengecekan dan penyetelan untuk mengetahui kebenaran dari alat tersebut. Alat sipat datar yang rusak atau tidak memenuhi persyaratan, jika digunakan untuk mengukur akan menyebabkan hasil ukurannya tidak benar atau kurang teliti. Adapun persyaratan yang harus dipenuhi oleh pesawat sipat datar adalah sebagai berikut :

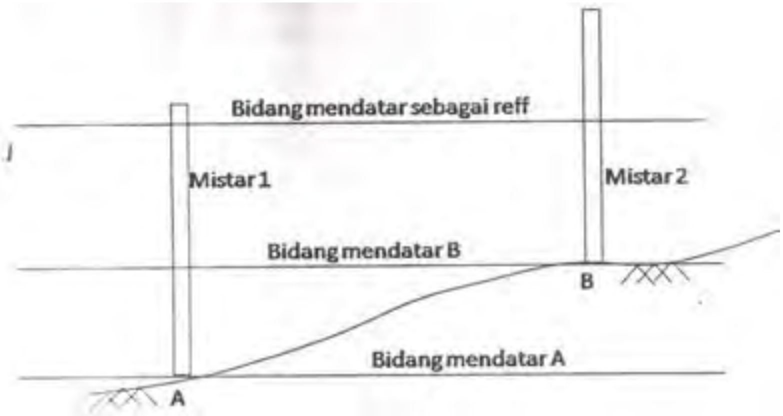
  - ✓ Syarat Utama :Garis bidik teropong harus sejajar dengan garis arah nivo.
  - ✓ Syarat Kedua :Garis arah nivo harus tegak lurus pada sumbu ke satu.
  - ✓ Syarat Ketiga :Garis mendatar benang silang harus tegak lurus pada sumbu ke satu.

  Sebelum pesawat sipat datar digunakan untuk mengukur, maka ketiga syarat tersebut di atas harus dipenuhi.

- Pengukuran Beda Tinggi Antara Dua Titik.

  Prinsip penentuan beda tinggi dilapangan adalah sebagai berikut. Ketinggian permukaan air sering juga disebut bidang nivo. Permukaan bidang nivo ini sebenarnya adalah melengkung, tetapi titik yang ada dipermukaan air mempunyai ketinggian yang sama sehingga bidang ini disebut bidang nivo. Cara membuat pertolongan bidang datar atau bidang nivo, dengan menggunakan hukum gaya berat. Akibat dari pengaruh gaya berat ini maka permukaan air menjadi datar, sehingga alat-alat penyipat datar dikontruksi dengan berpedoman pada sifat gaya berat. Arah gaya berat ini dinamakan arah vertikal dan bidang

yang tegak lurus arah gaya berat dinamakan bidang horizontal.



Gambar2.11. Beda tinggi A dan B

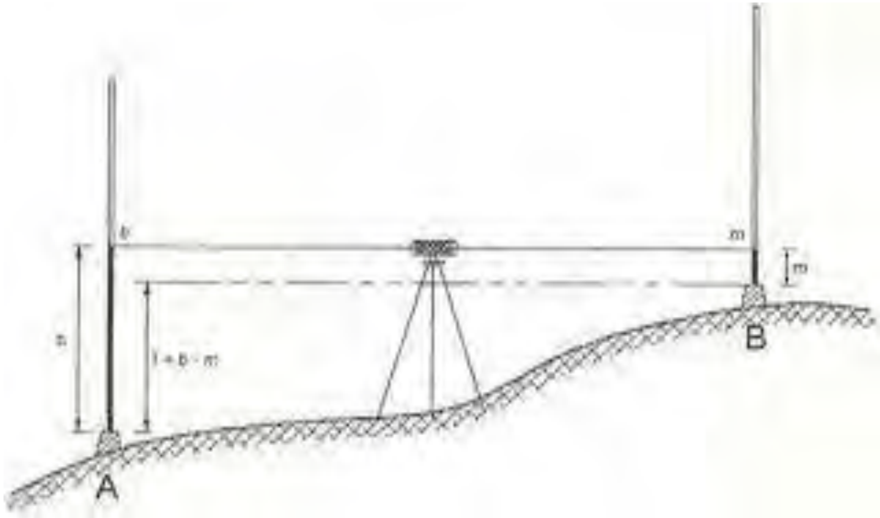
Perbedaan tinggi antara titik A dan B adalah perbedaan tinggi antara bidang horisontal yang melalui titik A dan bidang horizontal yang melalui titik B (gambar 1.9).
Jika jarak titik B terhadap garis mendatar/garis bidik adalah h_1 = 0,755 m.

Maka :

Beda tinggi titik A dan B adalah $t = h_2 – h_1$

= 1,675 m – 0,755 m = 0,920 m.

Dengan menggunakan prinsip tersebut di atas, maka untuk mengukur beda tinggi antara dua titik dilapangan dengan menggunakan pesawat sipat datar adalah sebagai berikut (gambar 2.12)



Gambar 2.12. Mengukur Beda tinggi dengan Sipat Datar

Pekerjaan ini paling sedikit dilakukan oleh dua orang yaitu seorang juru ukur dan seorang pembantu juru ukur sebagai pemegang rambu.

- Pasang patok pada titik A dan B yang akan di ukur beda tingginya.
- Dirikan kaki pesawat ditengah-tengah antara A dan B
- Pasang pesawat di atas kakinya dan disetel
- Pasang rambu ukur di atas patok titik A tegak lurus/arah gaya berat.
- Arahkan pesawat pada rambu di titik A sebagai rambu belakang kemudian baca benang tengah, benang atas dan benang bawah dan catat hasilnya pada daftar ukur.
- Pasang/pindahkan rambu ukur di atas titik B tegak lurus
- Putar pesawat searah jarum jam ke rambu muka titik B kemudian baca benang tengah, benang atas dan benang bawah dan catat hasilnya pada daftar ukur.

Disini yang dipakai sebagai perhitungan beda tinggi hanyalah bacaan benang tengah saja, untuk bacaan benang atas dan benang bawah hanya dipakai untuk kontrol bacaan benang tengah dan menghitung jarak antara titik A dan titik B.

3. Latihan.

a. Apakah yang dimaksud dengan permukaan air laut rata-rata/Mean Sea Level (MSL) ?
b. Jelaskan bagaimana prinsip pengukuran beda tinggi antara dua titik dengan cara barometris.
c. Sebutkan syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam menggunakan alat sipat datar slang plastik.
d. Sebutkan syarat-syarat pesawat sipat datar.

4. Rangkuman.

Materi pokok 1 membahas tentang :

- Sipat datar adalah cara pengukuran/proses menemukan elevasi atau benda tinggi titik-titik. Sebagai acuan elevasi dipergunakan bidang datum (misal permukaan air laut pukul rata).
- Penentuan tinggi titik.

Prinsip penentuannya ada tiga cara :

✓ Cara barometris, yaitu dengan mengukur tekanan atmosfir udara di titik yang bersangkutan. Cara ini kasar mengingat tekanan atmosfir udara di tiap-tiap tempat tidak sama.

✓ Cara Trigonometris, prinsip pengukurannya dengan mengukur sudut elevasi, depresi atau zenith dan jarak kedua titik cara ini lebih teliti dari cara pertama.

✓ Cara sipat datar.
Cara ini paling baik karena menggunakan alat sipat datar yang berpedoman pada sifat gaya berat. Prinsip yang di ukur adalah bidang horizontal atau garis horizontal.

  - Pengukuran sipat datar dilakukan dengan alat ukur berupa dua tabung gelas yang dihubungkan dengan pipa logam, kemudian di isi zat cair yang berwarna. Pada kedua ujung pipa berlobang agar air dapat bermain seimbang. Dengan

melalui kedua permukaan air inilah sebuah garis atau bidang ditentukan kedatarannya.

- Pengukuran sipat datar dengan slang plastik bening yang diisi air, Syarat :
  - Di dalam slang tidak boleh ada gelembung udara
  - Tidak boleh ada kebocoran
  - Slang jangan sampai terpuntir atau terlipat
  - Jangan ada kotoran yang menyumbat di dalam slang.
- Jenis Instrumen Sipat Datar Optik

  Alat sipat datar optik ada beberapa jenis diantaranya adalah :
  - Instrumen sipat datar jenis Y . Jenis alat ini sekarang sudah tidak digunakan lagi.
  - Instrumen sipat datar semua tetap. (Dumpy levels). Sumber ke satu dan sumber kedua dari pabrik telah dikontruksikan tetap (90^o).
  - Instrumen sipat datar dengan pengungkit (Tilting levels). Teropongnya dapat diungkit sedikit dengan sekrup pengungkit, karena sumbu ke I (satu) dan ke II (dua) tidak dipasang mati. Pada instrumen ini mempunyai dua nivo, yaitu nivo kotak dan nivo tabung.
  - Instrumen sipat datar automatik didalamnya mempunyai prisma kompensator yang berfungsi mendatarkan garis bidik secara otomatis.
- Penyetelan Instrumen Sipat Datar

  Instrumen sipat datar sebelum digunakan harus memenuhi tiga syarat :
  - Syarat Utama :Garis bidik teropong harus sejajar dengan garis arah nivo.
  - Syarat ke dua :Garis arah nivo harus tegak lurus pada sumbu ke satu.
  - Syarat ke tiga :Garis mendatar benang silang harus tegak lurus pada rambu ke I (satu).

  Jika ketiga persyaratan tersebut belum terpenuhi, maka harus diadakan penyetelan.

- Prosedur Pengukuran Sipat Datar Optik

  Alat sipat datar dikontruksi dengan berpedoman pada sipat gaya berat. Arah gaya berat ini dinamakan arah vertikal dan bidang yang tegak lurus. Arah gaya barat dinamakan bidang horisontal. Pada tinggi antara titik P dan Q adalah beda tinggi antara bidang horisontal yang melalui titik P dan bidang horisontal yang melalui titik Q dengan garis bidik/garis mendatar (h_1 dan h_2). Jadi beda tinggi $t = h_1 - h_2$. Dengan menggunakan prinsip tersebut, maka beda tinggi antara dua titik atau lebih dilapangan dapat diukur dengan menggunakan alat sipat datar.

5. Evaluasi Materi Pokok.

a. Dari hasil pengukuran tunggal (single observation) dilapangan dengan barometer di dapat :

   Tekanan udara di titik 1 (P_1) = 747,65 mm Hg

   Tekanan udara di titik 2 (P_2) = 745,35 mm Hg

   Temperatur udara t = 14^0C

   Hitung beberapa beda tinggi titik 1 dan titik 2

b. Dari hasil pengukuran sipat datar tabung gelas di dapat bacaan rambu :

   (A) belakang = 1,236 m

   (B) muka = 1,842 m

   Jika ketinggian titik A diketahui = + 638,297 m dari permukaan air laut rata-rata, berapa ketinggian titi B.

c. Dari pengukuran sipat datar memanjang diketahui sebagai berikut :

   Titik titik awal P = + 762,348 m

   Titik titik akhir Q = 763,710 m

No. Titik	Bacaan Belakang	Rambu Muka	Jarak
P	0,675		
1.	1,126	2,451	46
2.	1,785	1,312	35
3.	2,814	0,321	40
4.	1,634	1,247	44,5
5.	0,520	1,802	71
6.	1,750	0,721	41
Q.	1,085	1,085	46,5

Hitung ketinggian titik lainnya.

d. Pada pengukuran sipat datar keliling atau sipat datar dengan jalur tertutup, maka pengukuran akan benar jika beda tinggi yang sebenarnya yaitu t = 0. Tetapi di dalam praktek hal ini jarang terjadi, kecuali secara kebetulan.
   Bagaimana caranya supaya beda tingginya t = 0

6. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.

Setelah memahami dan dapat mempraktikkan isi pembelajaran ini, Anda dapat melanjutkan pada materi pembelajaran berikutnya.

3

PENENTUAN POSISI HORISONTAL (Kerangka Dasar horisontal)

1. Indikator Keberhasilan.

Peserta mampu :

- Menentukan posisi titik horisontal dengan cara polar.
- Menentukan posisi titik horisontal dengan cara perpotongan kemuka.
- Menentukan posisi titik horisontal dengan cara perpotongan kebelakang.
- Menentukan posisi titik horisontal dengan cara polygon.
- Menentukan posisi titik horisontal dengan cara trilaterasi.
- Menentukan posisi titik horisontal dengan cara triangulasi.

2. Uraian Materi.

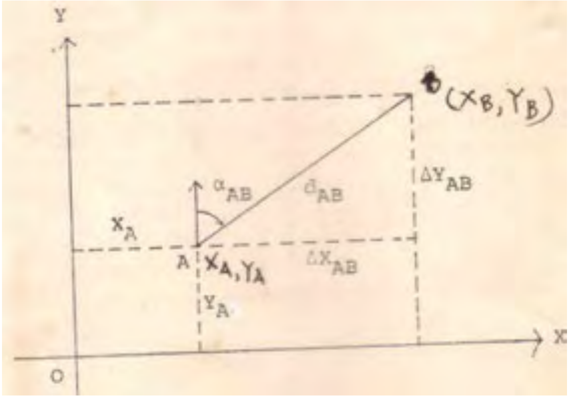
Metoda penentuan posisi cara polar.

Metoda ini hanya membutuhkan sudut dan jarak sebagai data untuk menentukan koordinat suatu titik.

Diketahui : koordinat titik P (Xp , Yp)

Diukur : sudut αpq dan jarak dpq.

Ditanya : koordinat titik Q ?.



Gambar 3.1. Penentuan posisi secara polar

Dari gambar diperoleh :

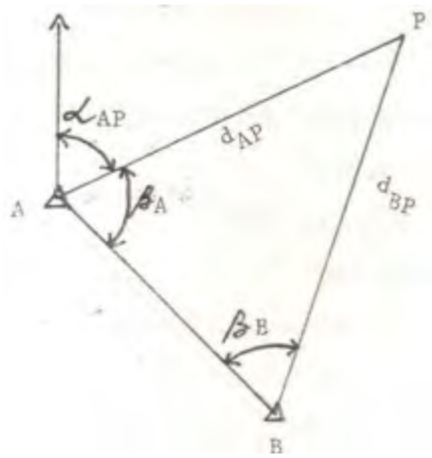
$$\text{Sin } \alpha.pq = \frac{\Delta \text{ Xpq}}{\text{Dpq}} \rightarrow \Delta \text{ Xpq} = \text{dpq . Sin } \alpha pq$$

$$\text{Cos } \alpha pq = \frac{\Delta \text{ Ypq}}{\text{dpq}} \rightarrow \Delta \text{ Ypq} = \text{dpq . Cos } \alpha pq$$

$Xq = Xp + \Delta Xpq = Xp + dpq. \text{ Sin } \alpha pq$

$Yq = Yp + \Delta Ypq = Yp + dpq. \text{ Cos } \alpha pq$

Metoda perpotongan ke muka.



Gambar 3.2 Metoda perpotongan ke muka

Diketahui : koordinat titik A (Xa , Ya) dan B (Xb , Yb)

Diukur : sudut βa ,βb dan jarak dap , dbp.

Ditanya : koordinat titik P (Xp , Yp) ?

Jawab :

Tahapan pengukuran :

- Tempatkan theodolit di titik A dan atur sehingga siap untuk dipakai.
- Bidik titik P dan baca sudut horisontalnya.
- Putar teropong ke arah titik B dan baca sudut horisontalnya.
- Ukur jarak AP (dap).
- Pindahkan theodolit ke titik B dan atur hingga siap untuk dipakai.
- Bidik titik A dan baca sudut horisontalnya.
- Putar teropong ke arah titik P dan baca sudut horisontalnya.
- Ukur jarak BP (dbp).

Tahapan hitungan :

- Hitung sudut βa = bacaan kanan (bacaan ke titikB) dikurangi bacaan kiri (bacaan ke titik P).

  βb = bacaan kanan (bacaan ke titik P) dikurangi bacaan kiri (bacaan ke titik A).

- Hitung sudut jurusan BP :

  αbp = αba + βb.

- Hitung koordinat titik P :

  Dari titik A ---> Xp1 = Xa + dap . Sin αap.

  Yp1 = Ya + dap . Cos αap

  Dari titik B -->Xp2 = Xb + dbp .Sin αbp.

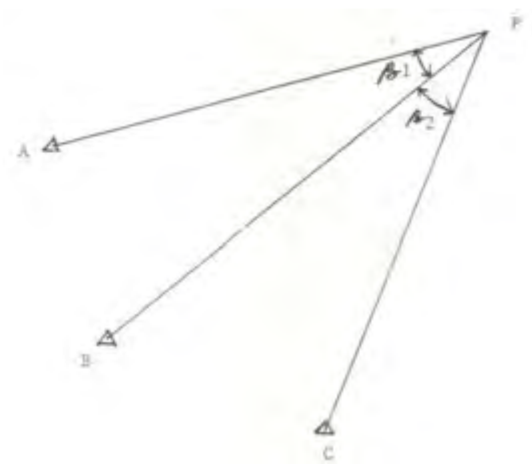
$Yp2 = Yb + dbp \cdot \cos \alpha bp.$

- Hitung koordinat definitif titik P yakni koordinat rata-rata titik P dari A dan B.

$$Xp = \frac{Xp1 + Xp2}{2}$$

$$Yp = \frac{Yp1 + Yp2}{2}$$

Metoda perpotongan kebelakang.



Gambar 3.3. Metoda perpotongan ke belakang

Diketahui : koordinat titik A,B,C

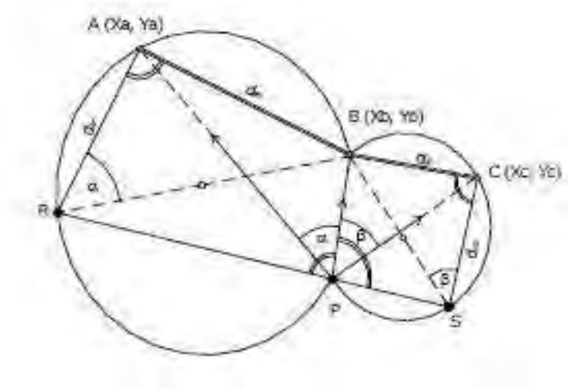
Diukur : sudut β1, β2

Ditanya : koordinat titik"P

Perhitungan :

Perhitungan koordinat titik P dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

a. Cara Cassini.



Gambar 3.4. Cara Cassini

sudut BAD = sudut BCE = 90°

MN//DE, MN ⊥BP, DE ⊥ BP

M,N adalah pusat lingkaran.

Mencari jarak AD :

Perhatikan Δ BAD

$$\frac{dab}{dad} = \frac{Sin\beta 1}{Sin(90° - \beta 1)} = \frac{Sin\beta 1}{Cos\ \beta 1}$$

dad = dab . Cotg β1

αad = αab + 90°

Xd = Xa + dad . Sin αad

= Xa + dab.Cotg β1 . Sin (αab + 90°)

= Xa + dab.Cotg β1. Cos αab

= Xa + (Yb - Ya). Cotg β1

kedua ruas dikurangi Xb

$Xd-Xb=(Xa-Xb) + (Yb - Ya).\ Cotg\ \beta 1$ ………………………….....1

$Yd = Ya + dad\ .\ Cos\ \alpha ad$

$= Ya + dab.Cotg\ \beta 1.Cos\ (\alpha ab + 90°)$

$= Ya + dab.Cotg\ \beta 1.Sin\ (\alpha ab)$

$= Ya + (Xb - Ya).\ Cotg\ \beta 1$

kedua ruas dikurangi Yb

$Yd - Yb = (Ya - Yb) + (Xb - Xa).Cotg\ \beta 1$ ..……………………......2

Dengan cara yang sama pada segitiga BCE didapat :

$Xe-Xb=(Xc - Xb) + (Yc - Yb).\ Cotg\ \beta\ 2$ ...…………….………….....3

$Ye-Yb=(Yc - Yb) - (Xc - Xb).\ Cotg\ \beta\ 2$ ……………...……….........4

$$Tg\alpha de = \frac{Xd - Xe}{Yd - Ye}$$

$$= \frac{Xd - Xb - Xe + Xb}{Yd - Yb - Ye + Yb}$$

$$= \frac{(Xd - Xb) - (Xe - Xb)}{(Yd - Yb) - (Ye - Yb)} \quad ....5$$

$$Tg\alpha bp = \frac{Xp - Xb}{Yp - Yb} \rightarrow Yp - Yb = \frac{Xp - Xb}{Tg\alpha bp} = (Xp-Xb).Cotg\ \alpha bp$$

$$Tg\alpha pe = \frac{Xe - Xp}{Ye - Yp} \rightarrow Ye - Yp = (Xe - Xp).\ Cotg\ \alpha pe$$

$Ye - Yb = (Yp - Yb) + (Ye - Yp)$

$= (Xp - Xb).Cotg\ \alpha bp + (Xe - Xp).Cotg\ \alpha pe$

$\alpha bp = \alpha de + 90° \ ; \ \alpha pe = \alpha de$

$Ye - Yb = (Xp - Xb).Cotg\ (\alpha de + 90°)+(Xe - Xp).Cotg\ \alpha de$

$$= (Xp - Xb).Tg\ \alpha de - \frac{(Xp - Xe)}{Tg\alpha de} \quad \text{----->}$$

persamaan ini kalikan dengan Tg αde

$(Ye-Yb).Tg\alpha de=(Xp - Xb).\ Tg^2\alpha de - (Xp - Xe)$ 6

$(Xe-Xb)=(Xp-Xb) - (Xp - Xe)$ 7

Persamaan (6) dikurangi persamaan (7) didapat :

$(Ye - Yb).Tg\alpha de - (Xe - Xb) = - (Xp - Xb)(1 + Tg^2\alpha de)$

$$(Xp - Xb) = \frac{(Xe- Xb) - (Ye - Yb).Tg\alpha de}{(1 + Tg^2\alpha de)}$$

$$Xp = Xb + \frac{(Xe - Xb) - (Ye - Yb).Tg\ \alpha de}{(1 + Tg^2\alpha de)}$$

Untuk mencari ordinat titik P :

$$Yp - Yb = \frac{Xp - Xb}{Tg\alpha bp} = (Xp - Xb)\ .\ Cotg\ \alpha bp$$

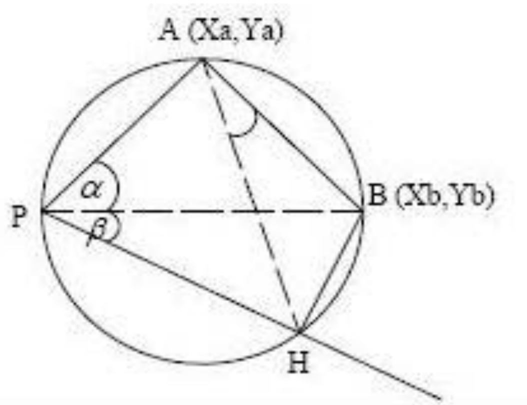
$\alpha de = \alpha bp + 90°$ ----->$\alpha bp = \alpha de - 90°$

$$Yp - Yb = (Xp - Xb).Cotg\ (\alpha de - 90°)$$

$$= (Xp - Xb).-Tg\alpha de$$

$$Yp = Yb - (Xp - Xb).Tg\ \alpha d$$

b. Cara Collins.



Gambar 3.5. Cara Collins

Perhatikan ΔACD :

t = DE adalah garis tinggi.

jarak AE = d_{ae} = t. Cotg β_2

jarak EC = d_{ec} = t. Cotg β_1

---------------------------------- +

d_{ac} = t (Cotg β_1 + Cotg β_2)

$$t = \frac{d_{ac}}{(\text{Cotg}\beta_1 + \text{Cotg}\ \beta_2)}$$

Jarak EE' = A'C' = d_{ae}'.Sin (180° - α_{ac})

= t.Cotg β_2 .Sin (180°- α_{ac})

= t.Cotg β_2 .Sin α_{ac}

jarak C'D = t.Cos (180°- α_{ac}) = - t.Cos α_{ac}

-- +

Jarak A'D = $d_{a'd}$ = t.Cotg β_2 .Sin α_{ac} -t.Cos α_{ac}

Karena jarak searah sumbu X maka :

$d_{a'd} = (X_d - X_a)$

$$(X_d - X_a) = \frac{d_{ac}}{Cotg\beta_1 + Cotg\beta_2)} \text{ Sin } \alpha_{ac}.\text{Cotg } \beta_2 - \frac{dac}{(Cotg\beta_1 + Cotg\beta_2)} .\text{Cos } \alpha_{ac}$$

$$= \frac{(X_c - X_a).\text{ Cotg } \beta_2}{(\text{Cotg } \beta_1 + \text{Cotg } \beta_2)} - \frac{(Y_c - Y_a)}{(\text{Cotg } \beta_1 + \text{Cotg } \beta_2)}$$

$$= \frac{X_c.\text{Cotg } \beta_2 - X_a.\text{Cotg } \beta_2 - (Y_c - Y_a)}{(\text{Cotg } \beta_1 + \text{Cotg } \beta_2)}$$

$$X_d = \frac{X_c.\text{Cotg } \beta_2 - X_a.\text{Cotg } \beta_2 - (Y_c - Y_a) + X_a.(\text{Cotg } \beta_1 + \text{Cotg } \beta_2)}{(\text{Cotg } \beta_1 + \text{Cotg } \beta_2)}$$

$$= \frac{X_c .\text{Cotg } \beta_2 + X_a .\text{Cotg } \beta_1 - (Y_c - Y_a)}{(\text{Cotg}\beta_1 + \text{Cotg } \beta_2)}$$

Kiri dan kanan masing-masing kurangi X_b

$$(X_d - X_b) = \frac{X_c.\text{Cotg } \beta_2 + X_a.\text{Cotg } \beta_1 - (Y_c - Y_a) - X_b.(\text{Cotg } \beta_1 + \text{Cotg } \beta_2)}{(\text{Cotg}\beta_1 + \text{Cotg } \beta_2)}$$

$$= \frac{(X_a - X_b).\text{Cotg } \beta_1 + (X_c - X_b).\text{Cotg } \beta_2 - (Y_c - Y_a)}{(\text{Cotg } \beta_1 + \text{Cotg } \beta_2)} \ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

Perhatikan gambar di atas :

Jarak A'E' = EC' = t. Sin (180° - α_{ac}) = t.Sin α_{ac}

Jarak AE = t. Cotg β_2.

Jarak AE' = $d_{ae'}$ .Cos (180° - α_{ac}) = - t.Cos α_{ac}.Cotg β_2

Jarak AA' = $d_{a'e'}$- dae'= t.Sin α_{ac} + t.Cos α_{ac}.Cotg β_2

$$= \frac{d_{ac}}{(\text{Cotg } \beta_1 + \text{Cotg } \beta_2)}.\text{Sin } \alpha_{ac} + \frac{d_{ac}}{(\text{Cotgb}_1 + \text{Cotg } \beta_2)}.\text{Cos } \alpha_{ac}.\text{Cotg } \beta_2$$

$$= \frac{(X_c - X_a) + (Y_c - Y_a).\text{ Cotg } \beta_2}{(\text{Cotg } \beta_1 + \text{Cotg } \beta_2)}$$

Karena jarak AA' sepanjang sumbu Y maka :

$$d_{aa'} = (Y_d - Y_a)$$

$$(Y_d - Y_a) = \frac{(X_c - X_a) + (Y_c - Y_a).\text{Cotg } \beta_2}{(\text{Cotg } \beta_1 + \text{Cotg } \beta_2)}$$

$$Y_d = \frac{(X_c - X_a) + Y_c.\text{Cotg } \beta_2 - Y_a.\text{Cotg } \beta_2 + Y_a.(\text{Cotg } \beta_1 + \text{Cotg } \beta_2)}{\text{Cotg } \beta_1 + \text{Cotg } \beta_2}$$

$$= \frac{(X_c - X_a) + Y_c.\text{Cotg } \beta_2 + Y_a.\ \text{Cotg } \beta_1}{\text{Cotg } \beta_1 + \text{Cotg } \beta_2}$$

Kiri dan kanan masing-masing dikurangi Y_b.

$$(Yd - Yb) = \frac{(Xc-Xa) + Yc.\text{Cotg } \beta 2 - Ya.\text{Cotg } \beta 1 - Yb(\text{Cotg } \beta 1 + \text{Cotg } \beta 2)}{\text{Cotg } \beta 1 + \text{Cotg } \beta 2}$$

$$= \frac{(Xc-Xa) + Yc.\text{Cotg } \beta 2 - Ya.\text{Cotg } \beta 1 - Yb.\text{Cotg } \beta 1 - Yb.\text{Cotg } \beta 2}{\text{Cotg } \beta 1 + \text{Cotg } \beta 2}$$

$$(Yd - Yb) = \frac{(Xc - Xa) + (Ya-Yb).\text{Cotg } \beta 1 + (Yc-Yb).\text{Cotg } \beta 2}{\text{Cotg } \beta 1 + \text{Cotg } \beta 2}$$

$\alpha pb = \alpha bd$

$$\text{Tg}\alpha pb = \frac{Xd-Xb}{Yd-Yb} = \frac{(Xa-Xb).\text{Cotg } \beta 1 + (Xc-Xb).\text{Cotg } \beta 2 + (Ya - Yc)}{(Ya-Yb).\text{Cotg } \beta 1 + (Yc-Yb).\text{Cotg } \beta 2 - (Xa - Xc)}$$

$\alpha pa = \alpha pb + (360 - b1) = \alpha pb - \beta 1.$

Untuk menentukan koordinat titik P, maka perhatikan Δ ABP :

$$\text{Tg } \alpha pa = \frac{Xa - Xp}{Ya - Yp} \quad ; \quad \text{Tg}\alpha pb = \frac{Xb - Xp}{Yb - Yp}$$

$$Yb.Tg\,\alpha pb - Yp.Tg\,\alpha pb = Xb - Xp$$

$$Ya.Tg\,\alpha pa - Yp.Tg\,\alpha pa = Xa - Xp$$

-- -

$$Yb.Tg\,\alpha pb - Ya.Tg\,\alpha pa - Yp.Tg\,\alpha pb + Yp.Tg\,\alpha pa = (Xb - Xa)$$

$$Yb.Tg\,\alpha pb - Ya.Tg\,\alpha pa - Yp.(Tg\,\alpha pb - Tg\,\alpha pa) = (Xb - Xa)$$

$$Yp.(Tg\,\alpha pb - Tg\,\alpha pa) = Yb.Tg\,\alpha pb - Ya.Tg\,\alpha pa - (Xb - Xa)$$

$$Yp = \frac{Yb.Tg\,\alpha pb - Ya.Tg\,\alpha pa - (Xb - Xa)}{Tg\alpha pb - Tg\,\alpha pa}$$

masing-masing kurangi Yb :

$$Yp - Yb = \frac{Yb.Tg\,\alpha pb - Ya.Tg\,\alpha pa - (Xb-Xa) - Yb.(Tg\,\alpha pb - Tg\,\alpha pa)}{Tg\alpha pb - Tg\,\alpha pa}$$

$$= \frac{Yb.Tg\,\alpha pb - Ya.Tg\,\alpha pa - (Xb-Xa) - Yb.Tg\,\alpha pb + Yb.Tg\,\alpha pa}{Tg\alpha pb - Tg\,\alpha pa}$$

$$Yp - Yb = \frac{(Yb - Ya).Tg\alpha pa - (Xb - Xa)}{Tg\alpha pb - Tg\,\alpha pa}$$

$$Yp = \frac{(Yb - Ya).Tg\,\alpha pa - (Xb - Xa)}{Tg\alpha pb - Tg\,\alpha pa} + Yb$$

$$Tg\alpha pb = \frac{Xp - Xb}{Yp - Yb}$$

$$Xp - Xb = (Yp - Yb).Tg\,\alpha pb$$

$$Xp = (Yp - Yb).Tg\,\alpha pb + Xb$$

Y positip Y positip II I

IV I

III II III IV

X negatip X positip

Y negatip Y negatip

- kwadran I besarnya dari 0 - 90
- kwadran II besarnya dari 90 - 180
- kwadran III besarnya dari 180 - 270
- kwadran IV besarnya dari 270 - 360

Untuk menentukan kwadran suatu jurusan α digunakan rumus tangen:

$$Tg\alpha ab = \frac{Xb - Xa}{Yb - Ya} = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$

tanda dari tg αab serta arah dari αab tergantung dari tanda ΔX dan ΔY, seperti :

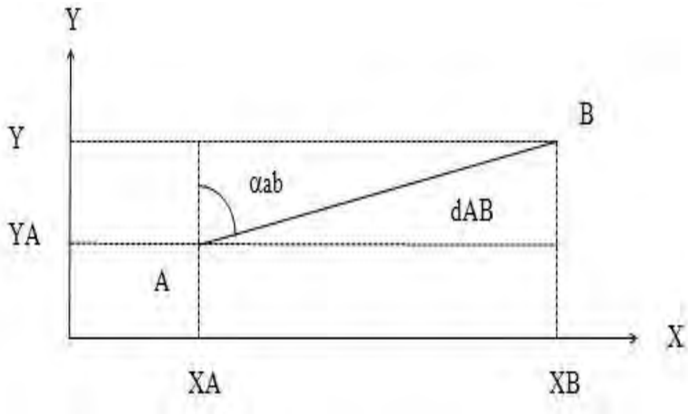
- ΔX positip, ΔY positip maka αab berada di kwadran I.
- ΔX positip, ΔY negatip maka αab berada di kwadran II.
- ΔX negatip, ΔY negatip maka αab berada di kwadran III.
- ΔX negatip, ΔY positip maka αab berada di kwadran IV.

Karena harga tg αab untuk kwadran I dan III adalah sama (juga kwadran II dan IV) bila dihitung menggunakan kalkulator maka bila :

- ΔX positip, ΔY positip harga tgαab sama dengan harga hasil hitungan.
- ΔX positip, ΔY negatip harga tgαab sama dengan harga hasil hitungan ditambah 180°.

- ΔX negatip, ΔY negatip harga tgαab sama dengan harga hasil hitungan ditambah 180°.
- ΔX negatip, ΔY positip harga tgαab sama dengan harga hasil hitungan ditambah 360°.

❖ **Prinsip Dasar Hitungan Koordinat.**

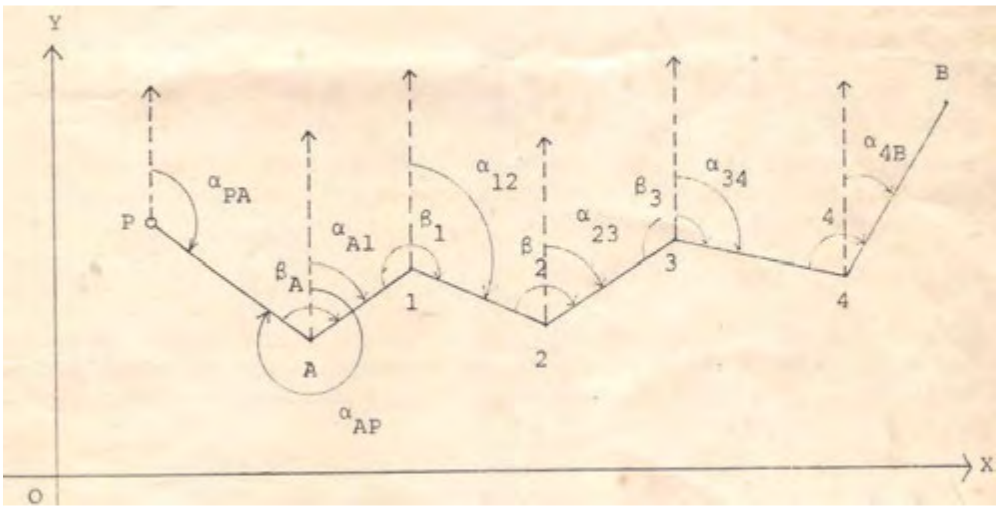


Gambar 3.6. Menghitung koordinat dengan sudut jurusan

$$Xb = Xa + dab.\text{Sin } \alpha ab$$

$$Yb = Ya + dab.\text{Cos } \alpha ab$$

❖ **Prinsip dasar Hitungan Sudut Jurusan Sisi Poligon.**



Gambar 3.7. Prinsip dasar Hitungan Sudut Jurusan Sisi Poligon

Sesuai dengan defenisi, sudut adalah selisih arah kanan dikurangi arah kiri, maka :

$\beta a \quad = \alpha a1 - \alpha ap$

$\alpha a1 \quad = \alpha ap + \beta a \;;\; \alpha ap = \alpha pa - 180°$

$= \alpha pa + \beta a - 180°$

$\alpha 1a \quad = \alpha a1 - 180° = \alpha pa + \beta a - 2.\ 180°$

demikian seterusnya untuk jurusan berikutnya :

$\alpha 12 = \alpha 1a + \beta 1 \; = \alpha pa + \beta a + \beta b1 - 2.\ 180°$

$\alpha 23 = \alpha pa + \beta a + \beta 1 + \beta 2 - 3.\ 180°$

$\alpha 34 = \alpha pa + \beta a + \beta 1 + \beta 2 + \beta 3 - 4.\ 180°$

❖ Syarat Geometrik Poligon.

Dari uraian di atas :

αpa adalah sudut jurusan awal,

$\alpha 34$ adalah sudut jurusan akhir,

βa, $\beta 1$, $\beta 2$, $\beta 3$ adalah sudut ukuran.

mempunyai hubungan :

$\alpha akhir \; = \alpha awal + \sum$ sudut yang diukur - n. 180°

X akhir = X awal + $\sum\Delta$ absis

Y akhir = Y awal + $\sum\Delta$ ordinat

Bila terdapat kesalahan maka rumusnya menjadi :

$\alpha akhir = \; \alpha$ awal + $\sum$ sudut yang diukur - n. 180° ± fb

X akhir = X awal + $\sum\Delta$absis ± fx

Y akhir = Y awal + $\sum\Delta$ordinat ± fy

fb adalah salah penutup sudut

fx adalah salah penutup absis

fy adalah salah penutup ordinat

Koreksi untuk setiap sudut :

$$\Delta b = \frac{fb}{n}$$

Koreksi untuk setiap absis ordinat :

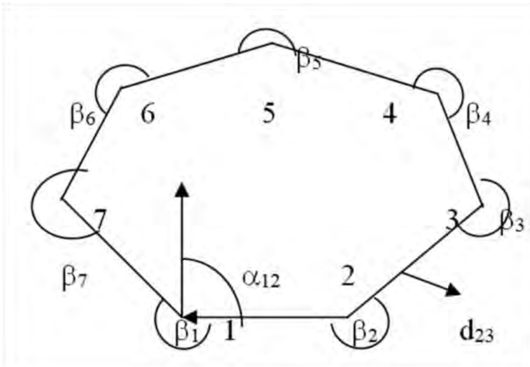
$$\Delta Xi = \frac{di}{\sum di} .fx$$

$$\Delta Yi = \frac{di}{\sum di} .fy$$

❖ Bentuk Poligon.

Dari segi bentuk poligon dibagi atas :

- Dikatakan tertutup apabila titik awal sama dengan titik akhir.



Gambar 3.8. Poligon tertutup

Ketentuan-ketentuan :

- bila sudut luar yang diukur :

  $\sum\beta = (n + 2)\ 180° \pm fb$

- bila sudut dalam yang diukur :

  $\sum\beta = (n - 2)\ 180° \pm fb$

Pada absis dan ordinat berlaku :

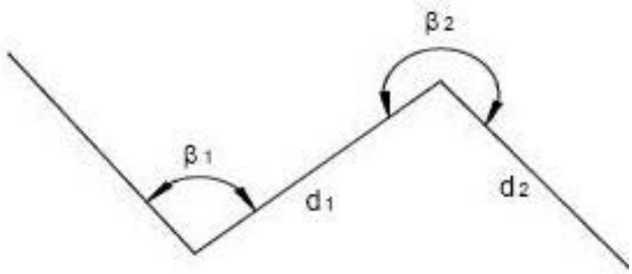
$\sum\Delta X = \sum d.\text{Sin}\ \alpha \pm fx = 0$

$\sum\Delta Y = \sum d.\text{Cos}\ \alpha \pm fy = 0$

- Poligon Terbuka.

  Dikatakan terbuka apabila titik awal tidak sama dengan titik 0 akhir.

  - Poligon terbuka terikat titik awal dan sudut jurusan



Gambar 2.9. Poligon terbuka terikat titik awal

Diketahui : - koordinat titik P (Xp , Yp)

- sudut jurusan awal (αp1)

Diukur : - sudut-sudut β1, β2

- jarak d1, d2, d3

Ditanya : koordinat titik-titik 1, 2, 3 ?

Perhitungan :

Karena poligon ini hanya terikat pada titik awal dan sudut jurusan awal maka didalam perhitungannya tidak ada koreksi salah penutup sudut dan koreksi absis ordinat.

$\alpha 12 = \alpha p1 + \beta 1 - 180°$

$\alpha 23 = \alpha p1 + \beta 1 + \beta 2 - 2.\ 180°$

$X1 = Xp + d1.\ Sin\ \alpha\ \ p1$

$Y1 = Yp +.\ d1.Cos\ \alpha_{p1}$

$X2 = Xp + d1.\ Sin\ \alpha\ \ 12$

$Y_2 = Y1 + d_2.\ Cos\ \alpha_{12}$

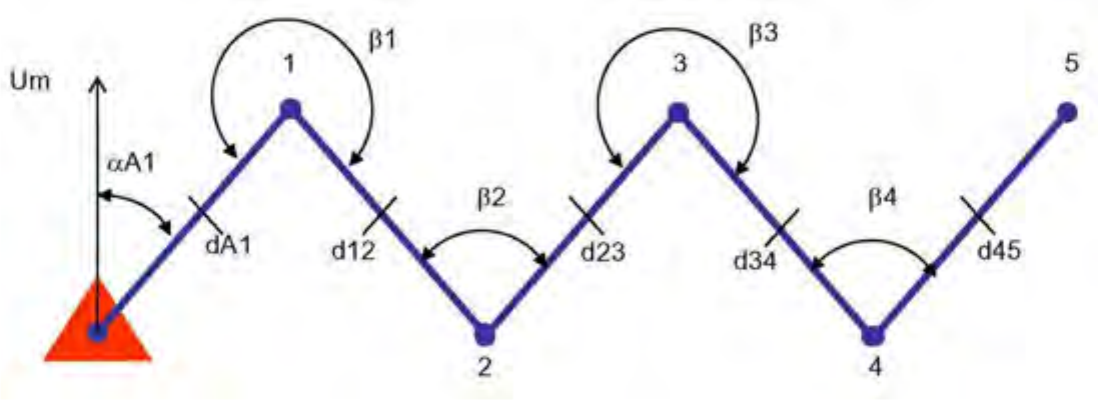
$X_3 = X2 + d_3\ \ sin\alpha_{23}$

$Y_3 = Y2 + d_3.\ Cos\ \alpha_{23}$

- Poligon terbuka terikat Sempurna.

  Dikatakan terikat sempurna apabila poligon tersebut diikat oleh :

  - sudut jurusan awal dan akhir
  - koordinat titik awal dan titik akhir.



Gambar 3.10. Poligon terbuka terikat sempurna

Diketahui :- sudut jurusan awal αpq dan akhir αrs

- koordinat titik Q dan titik R

Diukur : - sudut-sudut βq, $\beta 1$, $\beta 2$, βr

- jarak d1, d2, d3

Ditanya : Koordinat titik 1 dan 2 ?

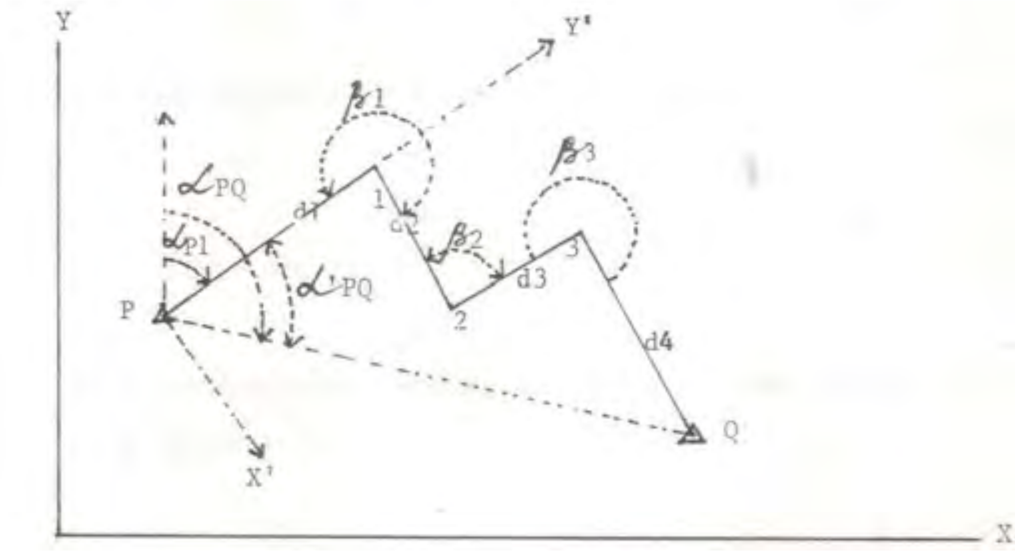
Perhitungan :

Karena poligon ini terikat sempurna maka semua syarat geometrik harus dipenuhi :

- α akhir = α awal + $\Sigma\beta$
- $Xr - Xq = \Sigma$ d.Sin α
- $Yr - Yq = \Sigma$ d.Cos α

Apabila hasil hitungan tidak memenuhi syarat diatas maka harus diberikan koreksi seperti pada syarat geometrik poligon diatas.

- Poligon Terbuka dengan Pengikatan Koordinat pada titik Awal dan Akhir.



Gambar 3.11.Poligon terbuka dengan pengikatan koordinat pada titik awal dan akhir.

Diketahui: koordinat titik awal P dan titik akhir Q

- Diukur : Sudut-sudut β1, β2, β3
- Jarak : d1, d2, d3, d4

Ditanya : koordinat titik 1, 2, 3 ?

Perhitungan :

$\alpha p1 = \alpha pq - \alpha'pq$

Karena α'pq tidak diketahui, maka terlebih dahulu dipakai bantuan sistim koordinat lokal (X',Y') dengan titik awal P dan sudut jurusan awal diambil berimpit sisi P-1 ($\alpha p1 = 0$), sehingga koordinat 1, 2, 3, Q dapat dihitung.

Misalnya : (X'1,Y'1) ; (X'2,Y'2) ; (X'3,Y'3); (X'q,Y'q).

Sudut jurusan α'pq didapat dari hitungan koordinat lokal :

$$\alpha_{,,}pq = \text{arc tg} \left(\frac{X'q - X'p}{Y'q - Y'p} \right)$$

Bila koordinat lokal titik P diambil (0,0) maka :

$$\alpha'pq = \text{arc tg} \left(\frac{X'q}{Y'q} \right)$$

Sedangkan αpq bisa dihitung dari koordinat titik P dan titik Q yang sebenarnya.

$$\alpha pq = \text{arc tg} \left(\frac{Xq - Xp}{Yq - Yp} \right)$$

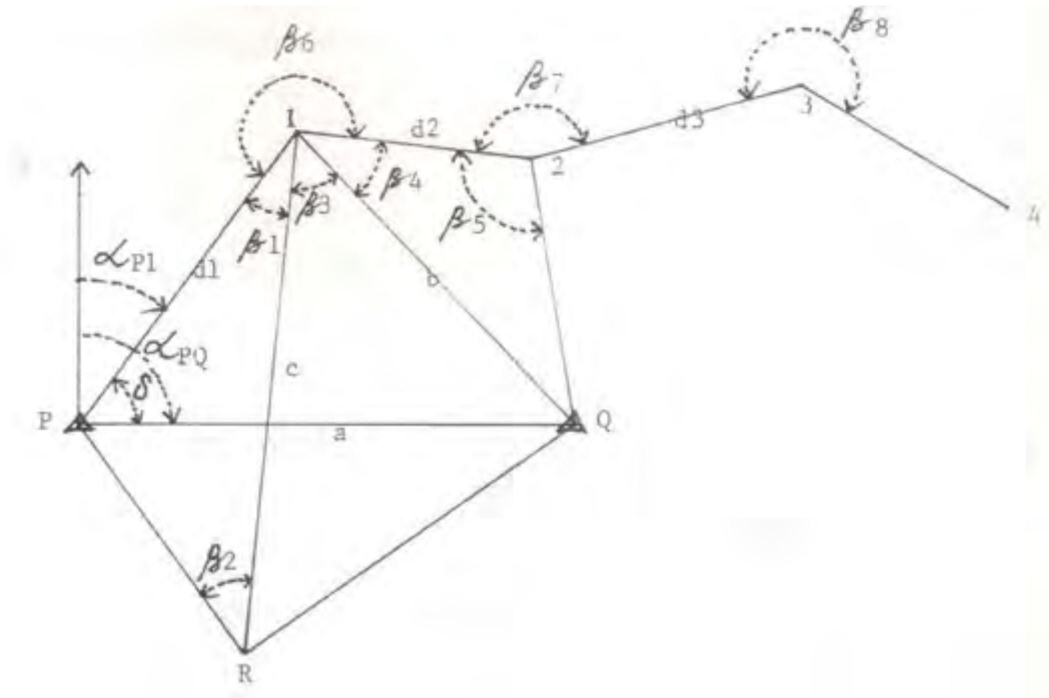
Sehingga sudut jurusan awal $\alpha p1 = \alpha pq - \alpha_{,,}pq$

Selanjutnya koordinat titik 1, 2, 3 dapat dihitung.Karena poligon ini hanya terikat pada titik awal dan akhir saja maka koreksi yang perlu diberikan hanyalah koreksi absis dan ordinat saja apabila :

$Xq - Xp \neq \Sigma$ d.Sin a

$Yq - Yp \neq \Sigma$.Cos α

- Masalah pada Poligon.
  - kedua titik tetap tidak dapat ditempati alat.



Diketahui : Koordinat titik P dan'Q.

Diukur : - sudut β1,β2,β3, β4, β5,β6, β7, β8

- jarak d1, d2, d3, d4

Ditanya : ditanya koordinat titik 1, 2, 3 ?

Perhitungan :

- hitung $a = \sqrt{[(Xq - Xp)^2 + (Yq - Yp)^2]}$
- hitung b dengan rumus sinus :

$$\frac{b}{\text{Sin } \beta 5} = \frac{d2}{\text{Sin } (180 - \beta 4 - \beta 5)}$$

$$b = \frac{d2. \text{ Sin } \beta 5}{\text{Sin } (\beta 4 + \beta 5)}$$

- hitung δ dengan rumus sinus :

$$\frac{b}{\sin \delta} = \frac{a}{\sin(\beta 1 + \beta 3)}$$

$$\delta = \text{arc Sin} \left\{ \frac{b. \sin(\beta 1 + \beta 3)}{a} \right\}$$

- hitung d1 dengan rumus sinus :

$$\frac{}{\sin \beta 2} = \frac{d1}{\sin(180 - \beta 1 - \beta 2)} = \frac{c \;\; c}{\sin(\beta 1 + \beta 2)}$$

$$d1 = \frac{c. \sin}{\sin(\beta 1 + \beta 2)}$$

- hitung $\alpha pq = \text{arc tg} \left\{ \frac{Xq - Xp}{Yq - Yp} \right\}$
- hitung $\alpha p1 = \alpha pq - \delta$
- selanjutnya hitung koordinat titik 1, 2, 3.

○ Hasil Pengukuran Poligon dihinggapi kesalahan Besar sudut atau jarak.

  ▪ Bila terjadi kesalahan besar (kekeliruan) untuk sudut. Untuk mencari letak kesalahan, dapat dilakukan dengan :

    - Dengan cara menghitung koordinat dari dua arah yakni dari titik B ke C didapat X1,Y1; X2,Y2; X3,Y3; X'c,Y'c sedang dari titik C ke titik B didapat koordinat titik-titik X'3,Y'3; X'2,Y'2; X'1,Y'1; X'b,Y'b.

Dari kedua hasil hitungan di atas bandingkan mana koordinat yang hampir sama (pada titik yang sama pula) maka kemungkinan kesalahan besar terjadi pada titik tersebut.

- Cara lain untuk menentukan letak kesalahan besar pada pengukuran sudut adalah dengan menggunakan rumus Bronnimann :

$$Xt = \frac{X'c + Xc}{2} - \left\{ \frac{Y'c - Yc}{2} \right\} \text{Cotg } ½ f$$

$$Yt = \frac{Y'c + Yc}{2} + \left\{ \frac{X'c - Xc}{2} \right\} \text{Cotg } ½ f$$

dimana :

Xc,Yc adalah koordinat titik C yang diketahui.

X'c,Y'c adalah koordinat titik C yang dihitung dari data mentah.

f adalah salah penutup sudut =(α akhir- α awal) - ($\Sigma\beta$ - n.180)

Koordinat titik poligon yang hampir sama dengan koordinat (Xt,Yt) adalah titik dimana terdapat kesalahan besar dalam pengukuran sudut.

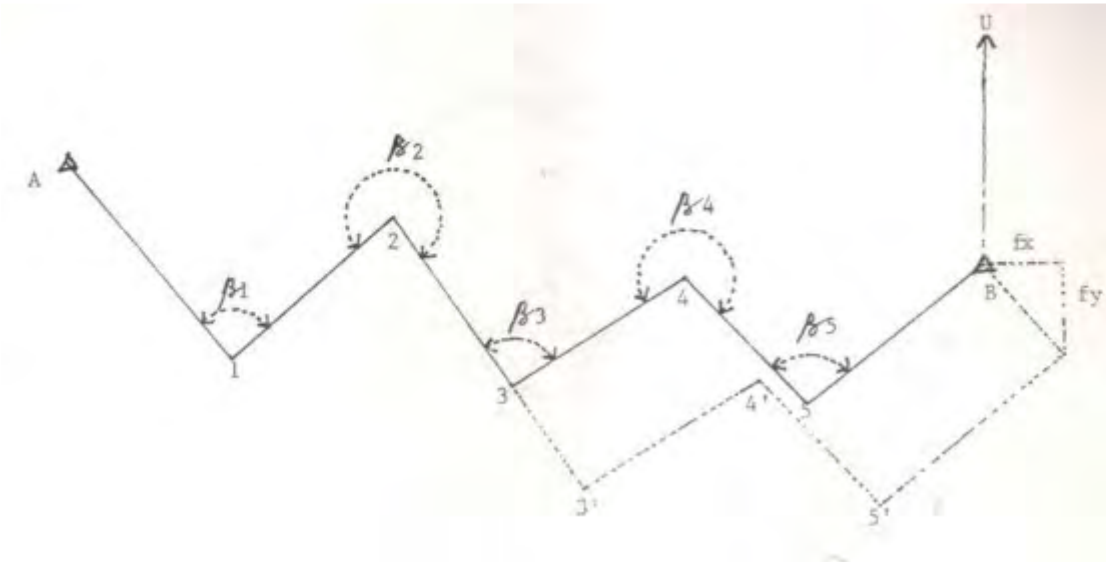
- Apabila terjadi kesalahan besar pada pengukuran jarak maka untuk mencari letak terjadinya kesalahan besar dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:
  - hitung salah penutup koordinat fx ,fy.

Fx

- hitung sudut jurusan : α = arc tg -------

  fy

- cari sisi yang sudut jurusannya sama atau hampir sama dengan sudut α berarti kesalahan besar terjadi pada sisi tersebut.
- besarnya kesalahan jarak fl = √ ($fx^2 + fy^2$)



Metoda Triangulasi.

Triangulasi merupakan salah satu metoda penentuan posisi horisontal dimana yang diukur hanya sudut-sudutnya.

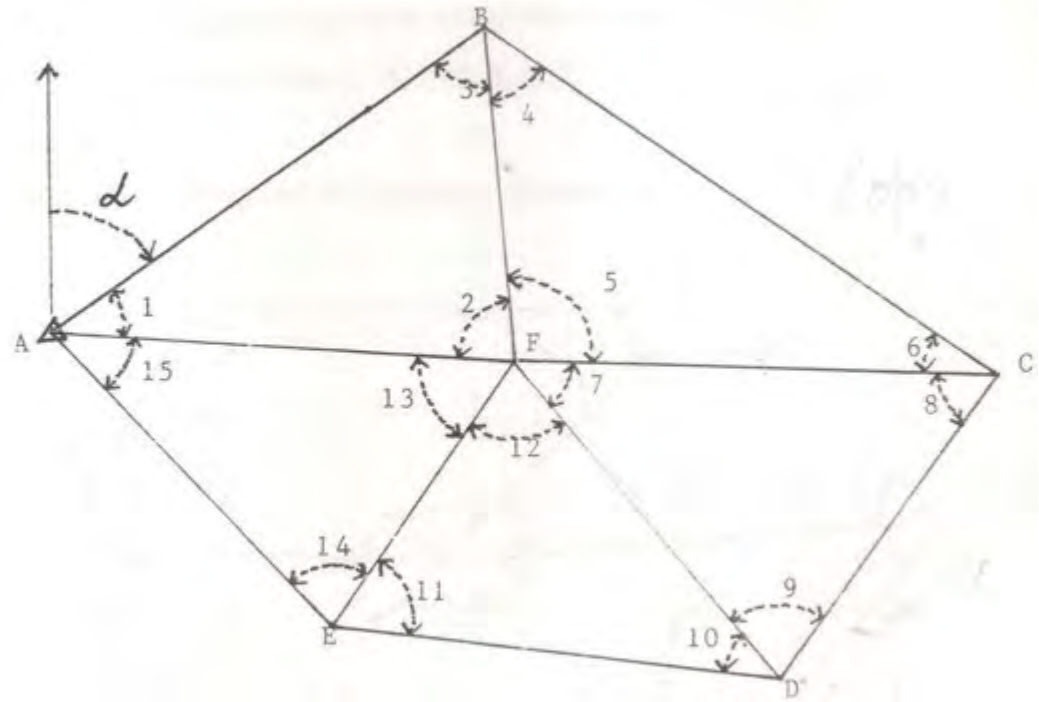
Dilihat dari bentuknya dibagi atas :

- Jaring segitiga
- Rangkaian segitiga.
  - **Jaring segitiga.**

    Diketahui :

    - koordinat titik A
    - jarak AB
    - sudut jurusan AB = α ab

- Diukur : sudut-sudut 1 s/d 15
- Dihitung : koordinat titik B, C, D, E, F ?



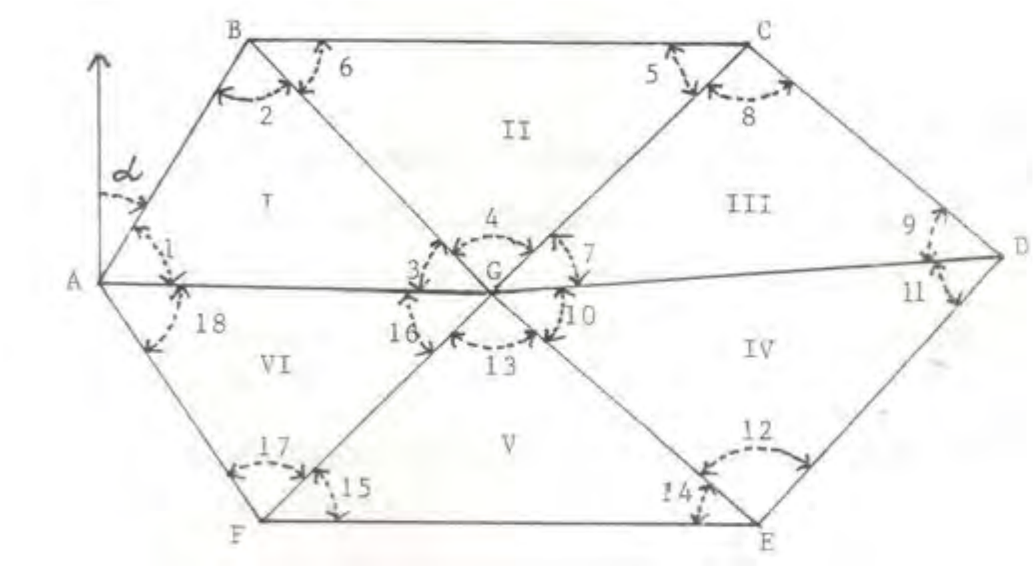
Perhitungan :

- Jumlahkan semua sudut dalam segitiga.
  Bila tidak 180, maka setiap sudut diberi koreksi dari kesalahan.

- Jumlahkan semua sudut di titik sentral (titik F). Bila tidak 360, maka setiap sudut pada titik sentral diberi koreksi K2 sebesar jumlah kesalahan dibagi jumlah sudut.
- Karena pengaruh K2, maka jumlah sudut dalam segitiga tidak lagi 180. Untuk itu kepada sudut-sudut yang bukan sudut'sentral harus diberi koreksi lagi sebesar K3 = - ½ .K2.
- Setelah semua sudut telah diberi koreksi (sudut sudah benar), maka hitung sudut jurusan masing-masing sisi.
- Hitung panjang semua sisi dengan rumus sinus.
- Hitung koordinat titik-titik B, C, D, E, F.

Contoh :

Diketahui jaring seperti gambar dibawah ini :



Diketahui :

- koordinat titik A(0,0)
- jarak AB =dab = 5 m.
- sudut jurusan AB = αab = 30º 00' 00"

Diukur : sudut-sudut 1 s/d 18

sdt 1 = 62º 14' 53"	sdt 4 = 51º 55' 01"
sdt 2 = 52º 30' 04"	sdt 5 = 63º 24' 47"
sdt 3 = 65º 15' 09"	sdt 6 = 64º 40' 22"
sdt 7 = 62 º 54' 46"	sdt 10= 65º 15' 19"
sdt 8 = 52º 40' 40"	sdt 11= 64º 44' 09"
sdt 9 = 64º 24' 04"	sdt 12= 50º 00' 38"
sdt 13= 50º 36' 49"	sdt 16= 64º 02' 56"

sdt 14= 68º 43' 22" sdt 17= 61º 15' 42"

sdt 15= 60º 39' 51" sdt 18= 54º 41' 00"

Ditanyakan : koordinat titik B, C, D, E, F, G ?

Perhitungan :

- Jumlahkan semua sudut dalam segitiga :

  ΔI :Σ sdt = 180º 00' 06" berarti untuk segitiga ini K1 = 6". sehingga sudut 1, 2, 3 harus diberi koreksi sebesar .6 = -2".

  Diperoleh sdt 1 = 62º14' 51"; sdt 2 = 52º30' 02" dan sdt 3 = 65º15' 07".

  Demikian juga untuk segitiga berikutnya sehingga diperoleh sudut-sudut :

  sdt 4 = 51º54' 58"; sdt 5 = 63º24' 44"; sdt 6 = 64º40' 18"

  sdt 7 = 62º54' 56"; sdt 8 = 52º40' 50"; sdt 9 = 64º24' 14"

  sdt 10= 65º15'17"; sdt 11= 64º44' 07"; sdt 12= 50º00' 36"

  sdt 13= 50º36' 48"; sdt 14= 68º43' 22"; sdt 15= 60°39' 50"

  sdt 16= 64º03' 04"; sdt 17= 61º15'49"; sdt 18= 54º41'07".

- Jumlahkan semua sudut di titik sentral :

  sdt 3 + sdt 4 + sdt 7 + sdt 10 + sdt 13 + sdt 16 = 359º 59'59"

  Sehingga K2 = 1".

  Karena koreksi ini cukup kecil maka cukup diberikan kepada sudut 10, sehingga diperoleh sudut 10 = 65º 15' 18".

- Karena adanya K2 maka jumlah sudut dalam Δ IV ≠ 180º.

Oleh karena itu sudut 11 dan sudut 12 diberi koreksi K3 = -½.K2=0,5", sehingga diperoleh sudut 11 = 64° 44' 06,"5 dan sudut 12 = 50° 00' 35,"5.

- Hitung sudut jurusan semua sisi.
- Hitung semua panjang sisi dengan rumus sinus :

$$\frac{dab}{\text{Sin (sdt 3)}} = \frac{dbg}{\text{Sin (sdt 1)}}$$

Demikian seterusnya untuk sisi-sisi berikutnya.

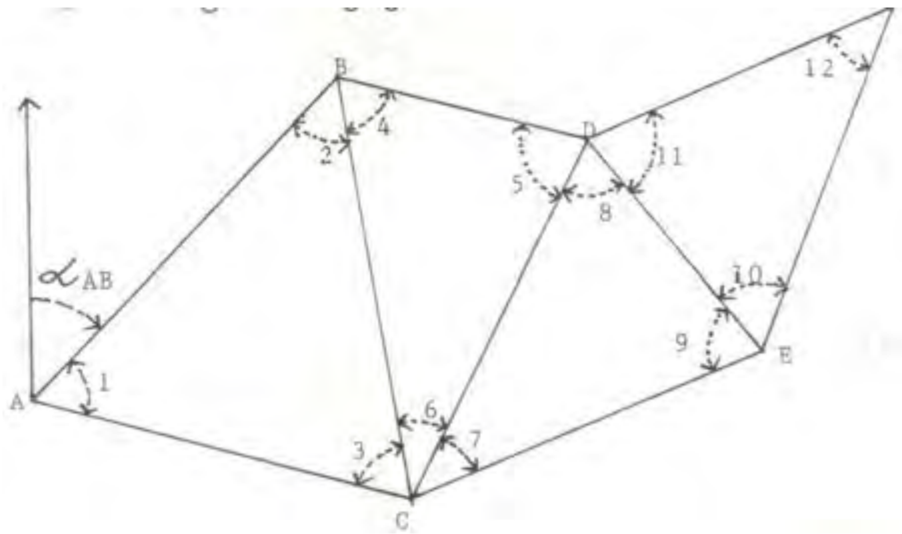
- hitung koordinat dengan rumus :

Xb = Xa + dab. Sin αab

Yb = Ya + dab. Cos αab

dan seterusnya.

❖ **Rangkaian Segitiga.**



Diketahui : - koordinat titik A

- jarak AB = dab.

- sudut jurusan AB = αab

Diukur : sudut-sudut 1 s/d 12

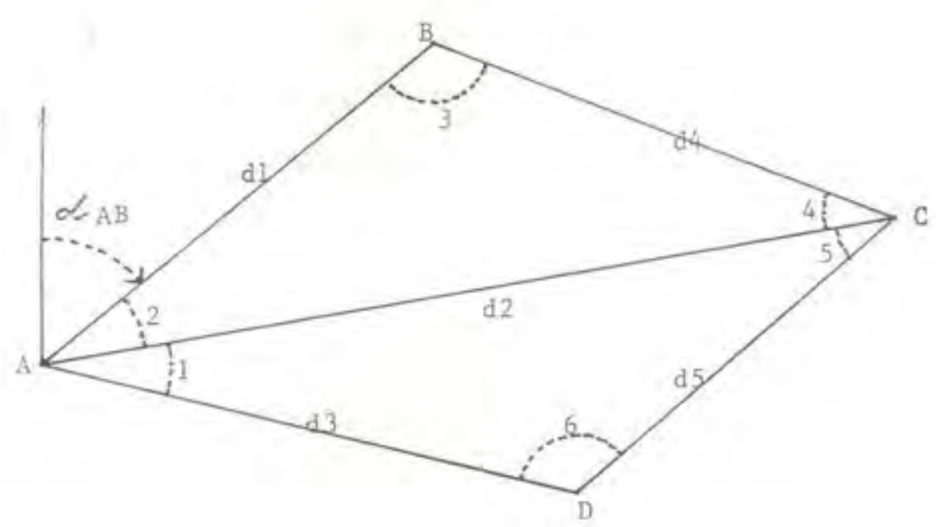
Ditanya : koordinat titik-titik B, C, D, E, F

Perhitungan :

- Jumlahkan semua sudut dalam segitiga. Bila jumlahnya tidak 180 maka beri koreksi K = 1/3 kesalahan.
- Hitung sudut jurusan masing-masing sisi.
- Hitung panjang semua sisi dengan rumus sinus.
- Hitung koordinat titik-titik B, C, D, E, F.

Metoda Trilaterasi.

Kalau pada metoda triangulasi yang diukur hanyalah sudut-sudutnya maka pada metoda ini yang diukur adalah semua sisi-sisinya.



Diketahui : - koordinat titik A

- sudut jurusan AB = aab

Diukur : jarak-jarak d1, d2, d3, d4, d5.

Ditanya : koordinat titik-titik B, C, D ?

Perhitungan :

- Hitung jarak datar semua ukuran jarak dengan rumus :

  d1 = d1'.Sin Z1 = d1'.Cos m1

- Hitung sudut-sudut 1, 2, 3, 4, 5, 6 dengan rumus Cosinus :

$$\text{Cos sdt } 1 = \frac{d2^2 + d3^2 - d5^2}{2.\ d2.\ d3}$$

- Karena adanya kesalahan pengukuran jarak dan pembulatan, maka jumlah sudut dalam setiap segitiga kemungkinan tidak 180.

  Untuk itu masing-masing sudut diberi koreksi = 1/3 kesalahan

- Hitung sudut jurusan setiap sisi :

$$\alpha ad = \alpha ab + sdt\ 1 + sdt\ 2$$

$$\alpha ac = \alpha ab + sdt\ 2.$$

- Hitung koordinat titik-titik B, C, D.

3. Latihan

- Sebutkan metoda-metoda penentuan posisi horisontal yang dikategorikan dalam metoda penentuan titik tunggal.
- Sebutkan metoda-metoda penentuan posisi horisontal yang dikategorikan dalam metoda penentuan banyak titik.

4. Rangkuman

Materi pokok 2 membahas tentang :

- Beberapa metode penentuan posisi horisontal.
- Penentuan posisi cara polar.
- Penentuan posisi cara kemuka.
- Penentuan posisi cara kebelakang.
- Penentuan posisi cara poligon.
- Penentuan posisi cara triangulasi.
- Penentuan posisi cara trilaterasi.
- Menghitung hasil data pengukuran penentuan posisi.

5. Evaluasi Materi Pokok 2

Diketahui koordinat titik awal A dan koordinat titik akhir B serta sudut jurusan awal PA dan sudut jurusan akhir BQ.

Xa = 8478.139 Ya = 2483.826

Xb = 7202.917 Yb = 2278.517

PA = 248 ° 15'21" BQ = 269° 32'07"

Hasil pengukuran sudut dan jarak :

No.ttk	Sudut	jarak
A	172 53'34"	281.830
1	185 22'14"	271.300
2	208 26'19"	274.100
3	178 31'52"	293.350
4	175 47'14"	213.610
B	180 15'20"	

Hitunglah koordinat titik-titik 1, 2, 3 dan4.

6. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Apabila telah menguasai pembelajaran ini maka Anda dapat melanjutkan pada materi pokok berikutnya.

4 PENENTUAN POSISI DENGAN SATELIT

1. Indikator keberhasilan :

Peserta mampu menjelaskan fungsi GPS, bagaimana GPS bekerja dan mampu menentukan posisi dengan GPS

2. Uraian Materi.

PENGANTAR

Menurut IAG (*International Association of Geodesy*) Geodesi adalah disiplin ilmu yang mempelajari tentang pengukuran dan perepresentasian dari bumi dan benda-benda langit lainnya, termasuk medan gaya beratnya masing-masing, dalam ruang tiga dimensi yang berubah dengan waktu. Sedangkan Geodesi Satelit adalah sub-bidang ilmu Geodesi yang menggunakan bantuan satelit (alam ataupun buatan manusia) untuk menyelesaikan tugas dan permasalahan geodesi, yang secara mendasar terkait dengan penentuan posisi, penentuan medan gaya berat, serta penentuan variasi temporal dari posisi dan medan gaya berat.

Pada survey metode penentuan posisi dengan satelit ini disebut dengan ekstra terestris, dimana penentuan posisi titik-titik dilakukan dengan melakukan pengamatan atau pengukuran terhadap benda atau obyek diangkasa, baik berupa benda-benda, seperti bintang, bulan dan quasar, maupun terhadap benda atau obyek buatan manusia seperti satelit.

Meminjam dari dunia navigasi dan radio astronomi dan survey klasik, metode geodesi satelit untuk keruangan diperkenalkan pada awal tahun 1970 dengan pengembangan *Lunar Laser ranging* (LLR), *satelit laser ranging* (SLR), Very Long Baseline Interferometry (VLBI), dan segera diikuti oleh Global Positioning Sistem (GPS) (Smith dan Turcotte, 1993).

Dari beberapa metode dan sistem penentuan posisi ekstra terestris tersebut, GPS adalah sistem yang saat ini paling banyak digunakan untuk keperluan survey penentuan posisi. Survei dengan GPS ini bahkan dapat diperkirakan akan dapat menggeser penggunaan survey terestris dibanyak bidang aplikasi, meskipun tidak seluruhnya, dimasa-masa mendatang.

Tabel 4.1. Beberapa perbedaan antara survey terestris dan survey GPS

Parameter (tipikal)	Survei Terestris	Survei GPS
Visibilitas antar titik ukur	Perlu	Tidak perlu
Wilayah cakupan survei	Lokal	Lokal sampai global
Waktu pelaksanaan	Siang hari dan cuaca baik	Setiap saat dan tidak tergantung cuaca
Kooordinat yang dihasilkan	2 dimensi	3 dimensi
Datum posisi	lokal	global

Sejak diberlakukannya PP 24 tahun 1997 tentang Pendaftaran tanah dan Peraturan pelaksanaannya, maka Geodesi Satelit ini sudah digunakan oleh BPN RI dalam pekerjaan pelaksanaan Pelayanan Pengukuran dan Pemetaan khususnya dalam penentuan Posisi Titik Dasar Teknik Orde 2 dan orde 3 . Dimulai dari tahun 2009, Deputi

Bidang Survei, Pengukuran dan Pemetaan menginisiasi penggunaan Geodesi Satelit dengan aplikasi *Networked Real Time Kinematik* (NRTK) atau CORS yang diterjemahkan ke dalam Bahasa Indonesia JRSP (Jaringan Satelit Pertanahan Indonesia).

Selanjutnya didalam bahasan berikutnya akan dijelaskan secara panjang lebar mengenai salah satu metode dalam geodesi satelit yaitu penentuan posisi menggunakan GPS.

KONSEP DASAR GPS

Dalam bab ini, konsep dasar dari *Global Positioning Sistem* (GPS) disajikan. GPS dapat menyediakan berbagai ketepatan, tergantung pada jenis pengukuran yang digunakan dan prosedur yang diikuti.Secara umum, semakin tinggi akurasi diperlukan, semakin tinggi biaya dan semakin kompleksitas dalam penggunaan GPS.Bagi pengguna untuk memahami teknik-teknik yang paling cocok untuk kebutuhan mereka dan mengapa, penting bahwa konsep dasar dasar GPS dipahami.Segmen utama GPS dijelaskan, dilanjutkan dengan penjelasan GPS satelit komponen sinyal, teknik posisi umum, visibilitas satelit dan GPS sumber kesalahan.

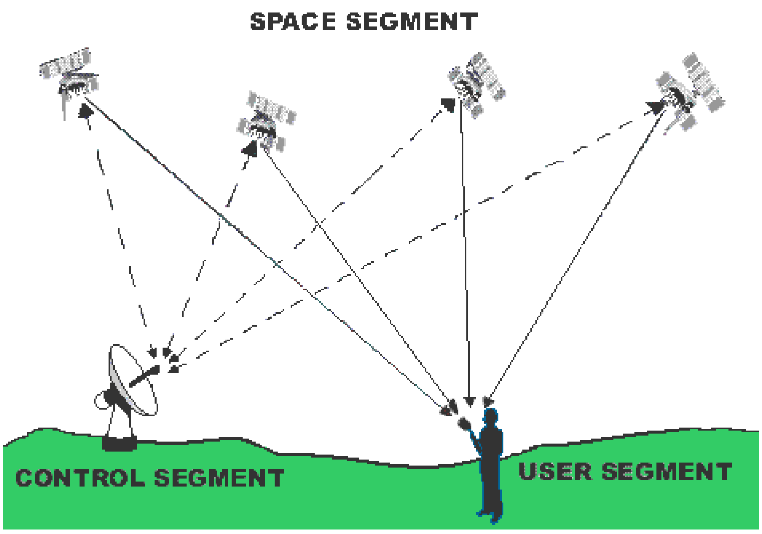
Deskripsi sistem

Sistem GPS ini awalnya milik Departemen Pertahanan Amerika Serikat dan resmi dikenal sebagai Sistem NAVSTAR (*Navigation Satellite Timing and Ranging*). Misi utama adalah untuk memberikan Departemen Pertahanan Pemerintah AS kemampuan untuk

menentukan posisi seseorang secara akurat pada setiap titik di permukaan bumi, setiap saat, siang atau malam, dan dalam segala kondisi cuaca.

Global Positioning Sistem (GPS) merupakan sistem yang terdiri dari konstelasi satelit radio navigasi, segmen kontrol tanah yang mengelola operasi satelit dan pengguna dengan *receiver* khusus yang menggunakan data satelit untuk memenuhi berbagai persyaratan posisi.

GPS terdiri atas tiga segmen, yaitu segmen satelit, segmen control dan segmen pengguna, lihat gambar (3.1). Konstelasi dan konfigurasi orbit dari satelit GPS dirancang sedemikian rupa sehingga sistem ini dapat dimanfaatkan kapan dan dimana saja, lihat gambar (3.2).



Gambar 4.1. Tiga Segmen GPS

Sistem ini didirikan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat untuk memenuhi kebutuhan pertahanan dalam *positioning* dan selanjutnya dipakai untuk melayani masyarakat sipil. Konstelasi satelit, yang beroperasi penuh pada akhir 1993, terdiri dari 21 satelit dan tiga suku cadang aktif diposisikan 20.000 km (sekitar tiga kali radius bumi) di atas bumi. Satelit akan didistribusikan dengan cara yang setidaknya menjamin empat satelit terlihat di mana saja di dunia pada setiap saat (Gambar 3.2). Setiap satelit menerima dan menyimpan informasi dari segmen kontrol, mempertahankan waktu yang sangat akurat melalui jam atom tepat *on-board* dan dengan sinyal mentransmisikannya ke bumi.

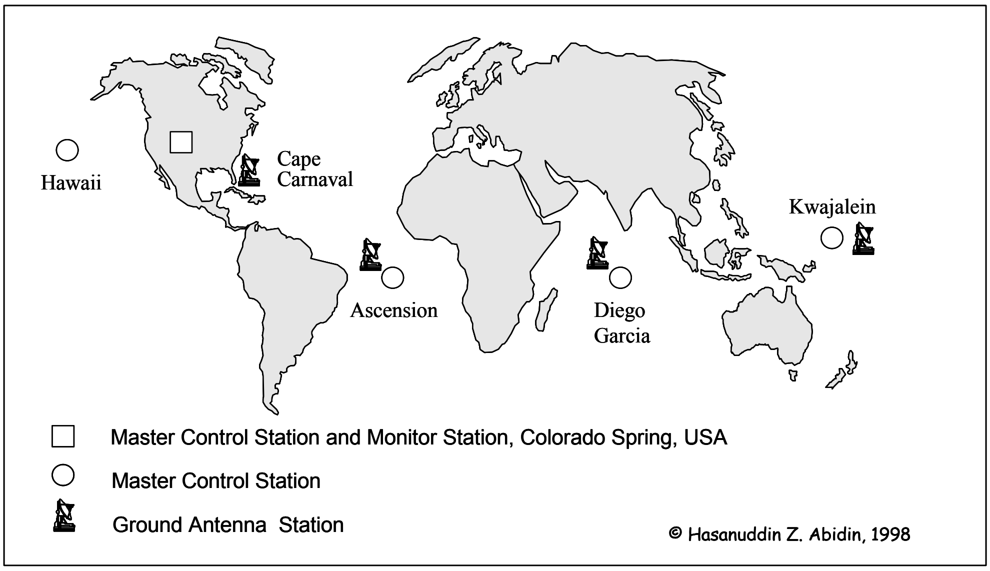


Gambar 4.2. Konstelasi satelit GPS

Segmen satelit, dari segi segmen satelit dapat dijelaskan bahwa satelit GPS mempunyai enam bidang orbit dimana pada setiap bidang orbit yang mempunyai inklinasi 55^{o} terdapat empat satelit dengan ketinggian nominal 20 200 km, yang mengelilingi bumi dalam periode 12 jam. Setiap satelit GPS memancarkan dua gelombang pembawa,

yaitu L1 pada frekuensi 1575.42 MHz (λ= 19 cm), dan L2 pada frekuensi 1227.6 MHz (λ= 24.4 cm). L1 dan L2 dimodulasi oleh P (*precision*) code dengan frekuensi 110.23 MHz (λ = 30 m) dan pesan navigasi dengan frekuensi 50 MHz. L1 juga dimodulasi oleh C/A (*Clear Access*) code dengan frekuensi 1.023 MHz (λ□ = 300 m).

Frekuensi gelombang pembawa dan modulasi dikontrol oleh jam atom yang terdapat pada satelit. A/C dan P codes, disebut juga *pseudo-random noise* (*PRN*) code yang berfungsi untuk memberi informasi jarak. Kode pesan navigasi memberi informasi posisi satelit (*broadcast ephemeris*), UTC, koreksi ionosphere, dan sebagainya.



Gambar 4.3. Sistem Kontrol GPS

Segmen kontrol mengoperasikan sistem satelit secara terus-menerus. Ini terdiri dari lima stasiun pelacak yang didistribusikan di sekitar bumi, yang terletak di Colorado Springs, yaitu `. Segmen kontrol melacak semua satelit, memastikan mereka beroperasi dengan benar dan menghitung posisi mereka di ruang angkasa.

Jika satelit tidak beroperasi dengan benar segmen *control* dapat menetapkan satelit tersebut "tidak sehat" dan menerapkan langkah-langkah untuk memperbaiki masalah. Dalam kasus tersebut, satelit tidak boleh digunakan untuk posisi sampai statusnya dikembalikan ke "sehat". Posisi dihitung dari satelit yang digunakan untuk memperoleh parameter, yang pada gilirannya digunakan untuk memprediksi waktu posisi satelit selanjutnya. Parameter-parameter ini di-*upload* dari segmen kontrol ke satelit dan disebut sebagai ephemerides.

Segmen pengguna termasuk semua orang yang menggunakan peralatan GPS untuk menerima GPS sinyal untuk memenuhi persyaratan posisi tertentu.Berbagai peralatan yang dirancang untuk menerima sinyal GPS yang tersedia secara komersial, untuk memenuhi berbagai bahkan lebih luas dari pengguna aplikasi. Hampir semua peralatan GPS pencarian memiliki komponen dasar yang sama: sebuah antena, bagian RF (frekuensi radio), mikroprosesor, kontrol dan tampilan unit (CDU), alat perekam, dan *power supply*.

Komponen ini mungkin unit individu, terintegrasi sebagai satu unit, atau terintegrasi sebagian (Gambar 3.4).Biasanya semua komponen, dengan pengecualian antena, dikelompokkan bersama-sama dan disebut sebagai receiver. Beberapa GPS receiver yang dipasarkan sekarang sebenarnya hanya terdiri dari *card* komputer yang dapat dipasang di komputer portabel atau terintegrasi dengan sistem navigasi lainnya.



Gambar 4.4. Receiver GPS 1

MENENTUKAN POSISI MENGGUNAKAN GPS

Penentuan posisi dan navigasi dengan GPS berdasarkan pengukuran jarak dari satelit diketahui posisinya pada orbitnya dengan teliti ke pengguna.Posisi yang dihasilkan dapat berupa koordinat Kartesian 3D atau koordinat geodetik (lintang, bujur dan tinggi di atas ellipsoid referensi).

Sistem GPS menentukan lokasi anda dengan menggunakan teknik survei yang dikenal sebagai"*Trilateration*". Hal ini mengacu pada penggunaan jarak dari beberapa lokasi yang diketahui untuk menentukan koordinat lokasi yang tidak diketahui. Dalam hal ini "lokasi yang dikenal"adalah posisi satelit GPS.Oleh karena itu, untuk menentukan posisi anda, *receiver* GPS Anda perlu mengetahui lokasi masing-masing satelit GPS yang terlihat. Jarak ke satelit ini dihitung dengan menggunakan waktu yang dibutuhkan sinyal radio GPS untuk perjalanan dari setiap satelit yang terlihat ke *receiver*.

Seberapa akurat informasi ini didapatkan? Jika posisi satelit diketahui dalam kilometer terdekat, maka perhitungan posisi Anda hanya bisa ditentukan dalam mil terdekat. Karena Lokasi satelit yang akurat itu penting untuk penentuan posisi yang akurat. Sistem GPS ini dirancang untuk melacak posisi setiap satelit dalam waktu sekitar 1 meter (3 *feet*) dari posisi sebenarnya.

Oleh karena itu, penentuan posisi akurat satelit dan waktu perjalanan sinyal yang akurat ke *receiver* Anda adalah inti penting dari teknologi GPS. Jadi sebelum kita menjelaskan bagaimana posisi Anda sebenarnya dihitung, sangat penting untuk membahas bagaimana posisi satelit ditentukan dan bagaimana waktu tempuh diukur.

Menentukan Posisi satelit

Jalur dari setiap satelit GPS mengorbit secara teoritis dapat diprediksi dengan menggunakan tiga hukum Kepler tentang gerak planet yang dinyatakan pada tahun 1609 dan 1619. Jalan tersebut diprediksi berdasarkan pada asumsi bahwa satu-satunya gaya yang bekerja pada satelit adalah gaya gravitasi bumi dan bahwa bentuk bumi adalah bulat sempurna dengan kepadatan sama. Pada kenyataannya, asumsi ini tidak valid. Pertama, bumi tidak berbentuk bola sempurna (menonjol di sepanjang khatulistiwa dan merata di kutub). Kedua, kepadatan bumi tidak sama. Ketiga, benda langit lainnya (terutama bulan dan matahari) memiliki bidang gravitasi mereka sendiri, yang juga bekerja pada satelit.

Komplikasi lain yang diperkenalkan oleh fakta bahwa satelit tidak mengorbit dalam vakum sempurna, sehingga ada sedikit hambatan atmosfer. Lebih penting lagi, satelit mengalami dampak dari foton cahaya yang dipancarkan oleh matahari baik secara langsung dan tercermin dari bumi dan bulan. Hal ini disebut tekanan radiasi matahari dan fungsi dari ukuran satelit dan orientasi, jarak dari

matahari, dan faktor lainnya. Tekanan radiasi matahari memperlambat satelit menuju ke matahari dan mempercepat satelit menjauh dari matahari.Untuk satelit GPS, efek ini hampir tidak mungkin untuk memodelkan secara akurat dan hal ini merupakan sumber kesalahan terbesar yang terukur.

Karena tidak mungkin untuk secara akurat memprediksi lokasi setiap satelit GPS, sehingga lokasi yang sebenarnya harus diukur secara berkala. Untuk monitoring keempat stasiun tak berawak di segmen kontrol yang digunakan untuk melacak semua satelit dan berkala menentukan posisi mereka yang sebenarnya. Kesalahan dalam lokasi umumnya kurang dari 1 meter (3 kaki).

Informasi lokasi secara berkala dikirim dari stasiun pelacak tanpa awak yaitu stasiun utama di Colorado di mana daftar master lokasi satelit dipertahankan. Namun, data lokasi satelit dibutuhkan oleh semua pengguna GPS. Oleh karena itu, informasi terbaru secara berkala dikirim *uplinked* ke masing-masing satelit sehingga akan tersedia bagi semua pengguna. Informasi lokasi ini dibagi menjadi dua bagian yang disebut "almanak" dan "Ephemeris". Kedua kelas informasi lokasi dijelaskan dalam bagian berikut.

Informasi almanak

Data almanak menggambarkan data perkiraan orbit satelit dalam waktu lama, yang dalam beberapa kasus dapat berguna untuk beberapa bulan atau lebih. masing-masing satelit berisi semua data almanak untuk seluruh konstelasi. Oleh karena itu, *receiver* GPShanya perlu men-*download* data almanak dari satu satelit untuk menghitung perkiraan lokasi dari semua satelit dalam sistem. Informasi almanak ditransmisikan setiap 12,5 menit dan mengambil 12,5 menit untuk men-*download*. Karena itu, data almanak diperlukan ketika *receiver* dihidupkan dan diperbarui, setidaknya 12,5

menit waktu *download* akan dibutuhkan sebelum perbaikan akurat dapat ditentukan. Salah satu produsen *receiver* GPS menyebutnya sebagai "Pencarian Sky mode startup”. Manufaktur lainnya menyebutnya mode "pemanasan" . Tidak peduli peralatan apa merek yang Anda gunakan, maka akan memakan waktu setidaknya 12,5 menit untuk men-*download* data almanak. Semua *receiver* GPS menyimpan data almanak dalam memori, sehingga setelah data almanak disimpan sekali, hal ini tidak perlu *download* lagi sampai periode waktu yang telah berlalu diperpanjang dan data menjadi "basi". Data almanak juga menjadi basi jika Anda memindahkan *receiver* ke lokasi lain lebih dari beberapa ratus kilometer jauhnya.

Informasi Ephemeris

Informasi ephemeris berisi lokasi yang tepat dari setiap satelit dan parameter yang diperlukan untuk memprediksi posisinya dalam waktu dekat. Berbeda dengan data almanak, setiap satelit mentransmisikan data hanya ephemeris saja. Oleh karena itu *receiver* GPS harus mengumpulkan data ephemeris dari setiap satelit dalam jangkauan. Setiap satelit mentransmisikan data ephemeris setiap 30 detik, sehingga *receiver* GPS memiliki cukup kesempatan untuk mengumpulkan informasi penting ini. Dibutuhkan 12 detik untuk men-*download* data ephemeris dari satu satelit.

Data ephemeris dianggap valid untuk 4 sampai 6 jam. Sebagai bagian dari aliran data ephemeris, setiap satelit mentransmisikan indikasi berapa lama datanya akan berlaku. *Receiver* GPS bertanggung jawab untuk melacak informasi ini dan memperbarui salinan internal dari data ephemeris bila diperlukan. Beberapa produsen memilih untuk men-*download* data ephemeris pada jadwal teratur, misalnya untuk setiap 30 atau 60 menit, daripada pelacakan data terbaru dari satelit. Dalam kasus apapun, Data ephemeris baru

sangat penting untuk posisi yang akurat. *Receiver* GPS akan menunjukkan ketika mereka men-*download* data ephemeris bukan menghitung posisi, sehingga pengguna tidak akan berpikir *receiver* telah berfungsi atau berhenti bekerja.

Pengukuran Waktu Perjalanan

Setelah *receiver* GPS memiliki almanak baru dan data ephemeris, dia mengetahui lokasi yang sebenarnya yang terlihat satelit GPS. Tetapi informasi ini tidak ada nilainya kecuali *receiver* juga tahu jarak ke setiap satelit ini. Jaraknya ditentukan dengan mengukur berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk sinyal radio untuk mencapai *receiver* dari setiap satelit yang terlihat.

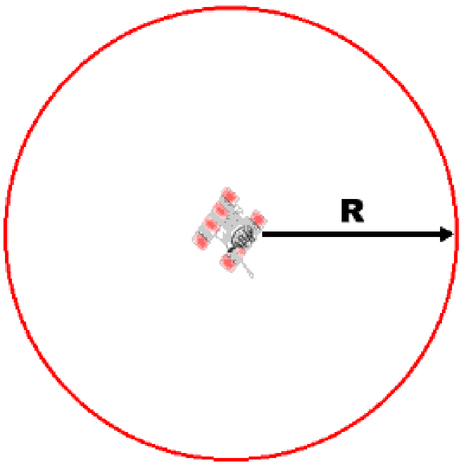
Misalkan bahwa sistem ini diatur sehingga tepat jam 13:00 setiap hari, satelit dan *receiver* Anda mulai memainkan Symphony Beethoven Kelima. Satelit mentransmisikan Symphony Kelima pada gelombang radio yang bergerak pada kecepatan cahaya. *Receiver* Anda menerima sinyal dan membandingkannya dengan versi tersebut. Jika kedua jam pada satelit dan *receiver* yang sempurna sinkron dan akurat, simfoni dari satelit akan menjadi sedikit di belakang versi *receiver* Anda, karena butuh beberapa waktu untuk sinyal mencapai Anda. Jumlah waktu yang Anda butuhkan untuk menggeser versi Anda kembali berada di sync dengan versi satelit akan menjadi waktu tempuh dari satelit ke Anda. Pengetahuan kecepatan cahaya (sekitar 186.000 mil per detik atau 300.000 kilometer perkedua) membuatnya mudah untuk menghitung jarak ke satelit menggunakan rumus berikut:

Jarak (*Distance*) = waktu perjalanan (*Travel Time*) x kecepatan cahaya

Ini mengasumsikan, bagaimanapun, bahwa *receiver* Anda mulai memainkan Symphony Kelima persis di jam 13:00. Perhatikan bahwa jika Anda sedang pergi dengan 1 bahkan 1 milidetik (1/1000 detik),penghitungan jarak Anda akan terhenti pada 300 kilometer (186 mil). Karena jam di *receiver* anda tidak cukup akurat, kita masih tidak bisa menghitung secara akurat jarak real ke satelit. Kunci untuk menyelesaikan masalah ini adalah menerima beberapa simfoni pada saat yang sama dari beberapa satelit. Simfoni ini adalah kode digital yang ditransmisikan olehsatelit 1.000 kali setiap detik. Dengan beberapa satelit dan sebuah simfoni unik dari masing-masing, *receiver* GPS dapat mengoreksi kesalahan dalam jam sendiri dan menentukan waktu perjalanan sebenarnya.

Menentukan Lokasi Anda

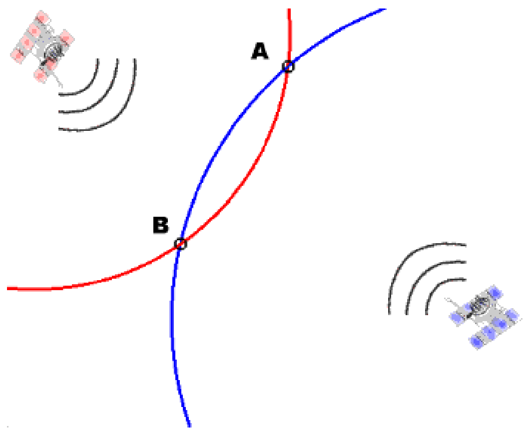
Setelah kita mengetahui posisi satelit GPS yang terlihat dan jarak satelit dari *receiver,* kita dapat mulai menghitung posisi Anda. Hal ini sebaiknya dijelaskan dengan satu langkah pada satu waktu.



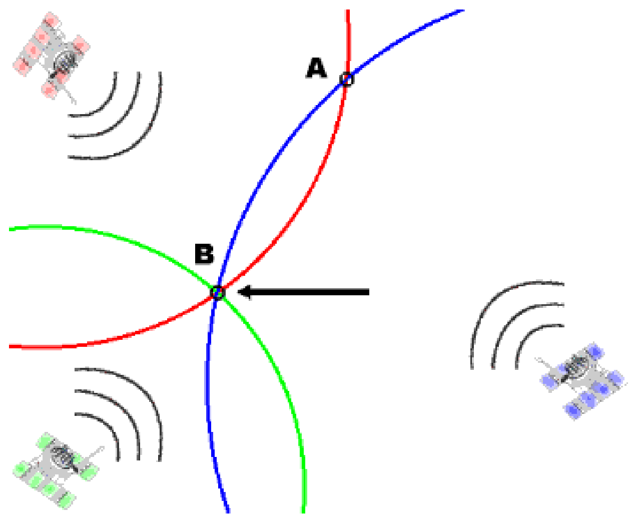
Gambar 4.5. Dalam dunia dua dimensi, jika kita memiliki satu satelit dan berbagai "R", *receiver* bisa di mana saja di dalam lingkaran merah. (Dalam 3-D, dunia, ini akan menjadi bola berjari-jari "R", berpusat pada satelit.)

Untuk mempermudah, berikut penjelasannya muncul dalam dua dimensi. Katakanlah, misalnya, kita tahu jarak "R" dari satu satelit ke *receiver* kita. Dalam dua dimensi, kita bisa berada di mana saja pada lingkaran berjari-jari R, seperti ditampilkan pada gambar 4.5..

Jika kita memiliki *range* dari dua satelit, maka kita menggambar dua lingkaran dan melihat di mana mereka berpotongan. Pada contoh di bawah ini, *receiver* bisa berada di titik A atau titik B.



Gambar 4.6. Dengan dua range, *receiver* GPS bisa berada di kedua titik A atau titik B

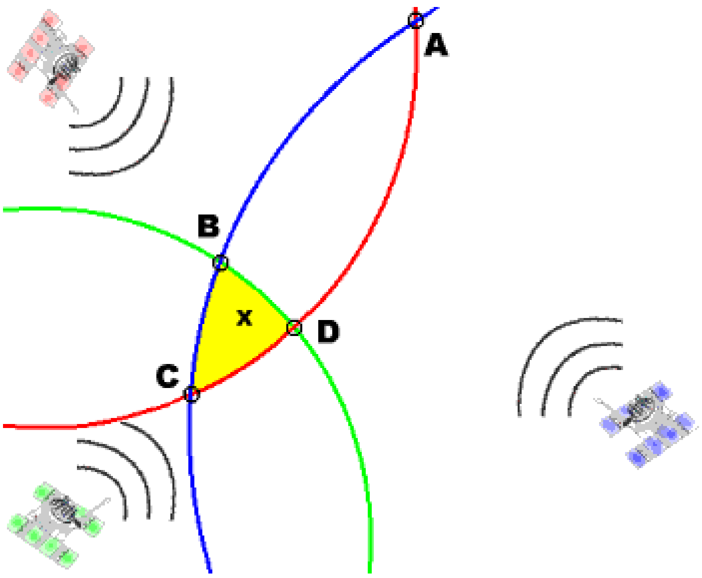


Gambar 4.7. Dengan tiga satelit, terdapat solusi yang unik , seperti yang ditunjukkan oleh tanda panah

Hal Ini masih kurang baik. Jika kita menambahkan satu lagi satelit dalam jangkauan, maka kita dapat menentukan solusi yang unik, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6 dan 4.7

Ini adalah kasus yang ideal. Pada kenyataannya, ada kesalahan dalam *range* dari setiap satelit karena sejumlah faktor. Jadi kita jarang mendapatkan satu titik persimpangan. Bahkan,satu titik hampir tidak pernah terjadi ketika range pertama kali dihitung,*range* awal disebut "*pseudo-range*". Kecuali dengan tiga pseudo-range yang tepat, tiga busur tidak akan berpotongan dititik yang sama.

Daerah dalam warna kuning pada gambar disebut "segitiga kesalahan",di mana solusi akhir terletak (X). Dengan membuat penyesuaian kecil untuk internal jam dan menerapkan berbagai koreksi kesalahan, *receiver* GPS mencoba untuk meminimalkan ukuran segitiga ini dan menentukan posisi akhir. Gambar berikut mengilustrasikan situasi biasa ketika *pseudo-range* diplot.



Gambar 4.8. Hasil *plottingpseudo-range* awal. Busur hampir tidak pernah berpotongan di satu titik

Penjelasan ini menyederhanakan masalah, karena kita benar-benar bekerja dengan posisi tiga-dimensi. Dalam istilah matematika, kita memiliki empat parameter yang diketahui:lintang, bujur, ketinggian dan waktu. Dalam rangka untuk memecahkan empat parameter yang diketahui, kita perlu empat persamaan.Ini berarti untuk kebutuhan minimal empat satelit untuksolusi yang tepat.Lebih dari empat satelit memungkinkan untuk posisi yang lebih akurat. Dengan empat satelit atau lebih, kita tidak hanya dapat menemukan diri kita sendiri, tapi kita dapat mengkalibrasi jam *receiver* kita dengan akurasi yang sama dengan jam atom di satelit.

Meningkatkan Akurasi – Diferensial GPS

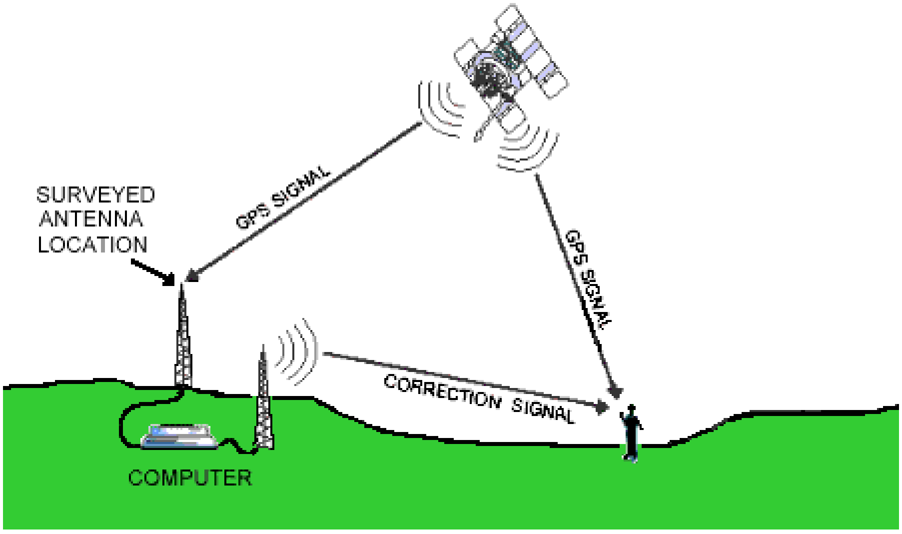
Akurasi lokasi dapat ditingkatkan dengan menggunakan teknik yang disebut Diferensial GPS atau DGPS. Teknik DGPS didasarkan dengan menggunakan setidaknya dua *receiver* GPS.Salah satu *receiver* terletak di posisi tetap yang telah secara akurat diukur dengan teknik survey yang konvensional. *Receiver* ini dikenal sebagai *base station*,dan juga berisi komputer. *Receiver* yang kedua keliling yang disebut dengan *rover*, dan digunakan dengan survei dalam kegiatan navigasi. *Base station* mengambil bacaan GPS terus menerus dan menghitung "posisi" nya berdasarkan data GPS. Komputer kemudian membandingkan posisi *receiver* berdasarkan pada data GPS ke lokasi *receiver* yang sebenarnya yang didasarkan pada survei konvensional yang akurat.

Perbedaan antara GPS dihitung sebagai "posisi" dan posisi nyata dari *receiver* adalah kesalahan dalam GPS untuk bacaan tertentu. Setiap membaca juga waktu dicap, jadi kita tahu kapan waktu kesalahan yang valid dalam hari. Sistem *Low-end* diferensial GPS

mampu dalam akurasi sub meter, terutama jika *base station* dalam beberapa mil hingga puluhan mil dari *receiver* yang keliling (kedua) dan baik *receiver base station* dan *receiver* melihat set satelit GPS yang sama. Peralatan *Highend* DGPS mampu akurasi dalam sub-sentimeter.

Dua jenis sistem differensial GPS yang ada: DGPS dan Real-time DGPS. Dalam Post Processing DGPS, *base station* mencatat waktu setiap pembacaan dan faktor koreksi terkait. Pada akhir hari, data positional dari *receiver* GPS keliling di-*download* ke komputer dan setiap pembacaan dikoreksi (berdasarkan waktu bacaan tersebut diambil). Pendekatan ini cukup baik untuk survei atau kegiatan lain di mana posisi yang tepat dari *receiver keliling* tidak penting pada saat pembacaan.

Namun, pendekatan *post-processing* adalah penggunaan untuk navigasi atau *real-time* tugas posisi, seperti membimbing pesawat untuk landasan pacu. *Real-time* DGPS termasuk pemancar radio pada *base station*. Setelah setiap pembacaan GPS, *base station* cepat menghitung kesalahan dan mengirimkan melalui sinyal radio ke *rover*. *Rover* perlu dilengkapi dengan *receiver* radio yang sesuai dan kemampuan komputasi untuk menambahkan faktor koreksi dalam pembacaan mereka sendiri secara waktu real. Lokasi ditampilkan pada *receiver* GPS dengan faktor kesalahan yang dimiliki. Gambar berikut mengilustrasikan konfigurasi DGPS *Real-time*.



Gambar 4.9. Diagram *Real Time* Differential GPS

Receiver Keliling memperoleh data posisi yang dikoreksi dari satelit GPS dan faktor koreksi dari *base station*. Dengan cara ini,akurasi meningkat secara signifikan.

Dalam prakteknya, *post-processing* masih digunakan untuk kegiatan survey. Proses pengolahan semua data diakhir kegiatan memungkinkan untuk analisis statistik canggih dalam meningkatkan akurasi.

Perhatikan bahwa hanya satu satelit akan muncul. Pada kenyataannya, *base station* harus menerima sinyal dari semua satelit yang terlihat ke *receiver* keliling atau rover. Untuk akurasi tertinggi di daerah setempat, mendirikan *base station* dan menggunakan DGPS adalah pendekatan yang terbaik.

Tabel 4.2. Rangkuman kode metode-metode positioning GPS

Method	Basic Concepts	Min. # Revrs	Obs. Time	Accuracy (at 95% prob.)	Comments
Single Point (static or kinematic)	• need at least four satellites • instantaneous position	1	1-10 s	100 m horizontally 156 m vertically	simplest, lowest cost
Differential (static or kinematic)	• need at least four satellites • apply corrections measured at monitor receiver to rover receiver	2	1-50 s	3 to 12 m† horizontally and vertically	simple, low cost

* assuming C/A code used † (Lachapelle et al., 1991)

METODE-METODE PENENTUAN POSISI DENGAN GPS

Metode yang digunakan ini pada dasarnya bergantung kepada mekanisme aplikasinya, metode penentuan posisi dengan GPS ini dapat dikelompokkan menjadi beberapa metode, yaitu:

- Absolut
- Differensial
- Statik
- Rapid statik
- Pseudo-kinematic
- Stop and go

Metode Absolut

Merupakan metode penentuan posisi yang paling mendasar. Metode ini disebut juga *point positioning*, umumnya menggunakan data *pseudorange*, dan metode ini tidak dimaksudkan untuk aplikasi-

aplikasi yang menuntut keteliltian yang tinggi.. Untuk metode ini ada dua level ketelitian yang diberikan oleh GPS, yaitu SPS (*standard Positioning Service*) dan PPS (*Precise Positioning Service*).

SPS adalah pelayanan standar yang diberikan oleh GPS secara umum kepada siapa saja tanpa dipungut biaya, yaitu melalui pemakaian kode C/A yang terdapat hanya pada sinyal L1.Tingkat ketelitian posisi tipikal yang diberikan dalam hal ini adalah 100 m (horizontal) dengan tingkat kepercayaan 95%.Sedangkan PPS adalah pelayanan yang dikhususkan untuk pihak militer Amerika Serikat serta pihak - pihak yang diizinkan, melalui pemakaian kode-P yang terdapat pada 2 frekuensi, L1 dan L2.Tingkat ketelitian yang diberikan dalam hal ini adalah 10 -20 m (horizontal) dengan tingkat ketelitian 95 %.



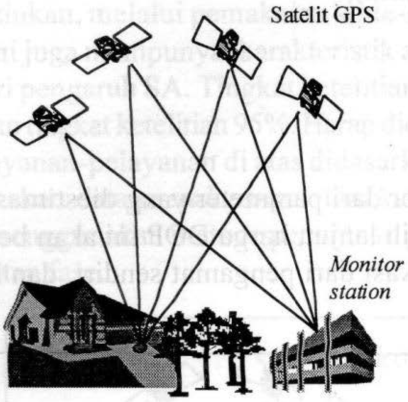
- Dinamakan juga *point positioning*
- Posisi ditentukan dalam sistem WGS-84 (terhadap pusat massa bumi)
- Prinsip penentuan posisi adalah reseksi dengan jarak ke beberapa satelit sekaligus
- Hanya memerlukan satu receiver GPS
- Titik yang ditentukan posisinya bisa diam (statik) maupun bergerak (kinematik)
- Biasanya menggunakan data *pseudorange*
- Data fase juga bisa digunakan kalau ambiguitas fasenya sudah diketahui ataupun diestimasi bersama-sama dengan posisi

- Ketelitian posisi yang diperoleh sangat bergantung pada tingkat ketelitian data serta geometri dari satelit.
- Tidak dimaksudkan untuk penentuan posisi posisi yang teliti.
- Aplikasi utama : navigasi.

Gambar 4.10. Metode Penentuan posisi secara absolut

Metode Differensial

Ketelitian penentuan posisi dengan metode absolute diatas dapat ditingkatkan dengan menggunakan metode differensial (relatif). Pada metode ini posisi suatu titik ditentukan relatif terhdap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya (monitor station).Gambaran umum metode differensial ini dapat dilihat pada gambar 4.11.



- Dinamakan juga *relative positioning.*
- Memerlukan minimal 2 buah receiver, satu ditempatkan pada titik yang telah diketahui koordinatnya (*monitor station*).
- Posisi titik ditentukan relatif terhadap *monitor station.*
- Konsep dasar : *differencing process* dapat mengeliminir atau mereduksi efek-efek dari beberapa kesalahan dan bias.
- Efektivitas dari *differencing process* sangat bergantung pada jarak antara *monitor station* dengan titik yang akan ditentukan posisinya (semakin pendek semakin efektif).
- Titik yang ditentukan posisinya bisa diam (statik) maupun bergerak (kinematik)
- Bisa menggunakan data *pseudorange* atau/dan data fase.
- Ketelitian posisi yang diperoleh bervariasi dari tingkat menengah sampai tinggi.
- Aplikasi utama : survai pemetaan, survai geodesi, maupun navigasi berketelitian tinggi.

Gambar 4.11. Metode Penentuan posisi differensial

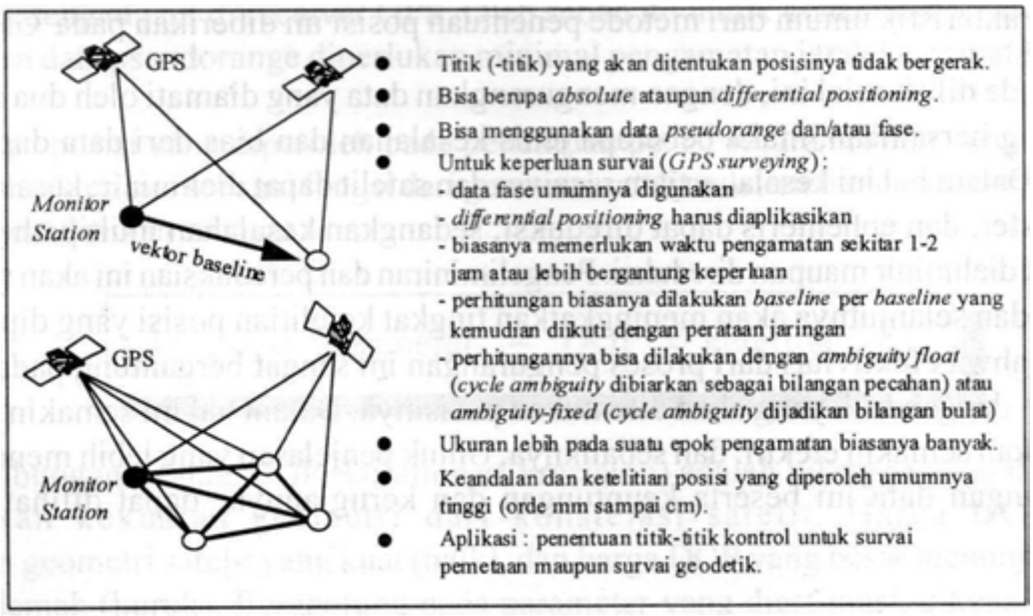
Untuk metode differensial dilakukan pengurangan data yang diamati oleh dua receiver GPS pada waktu yang bersamaan, sehingga beberapa jenis kesalahan dari data bias dapat direduksi. Efektifitas dari proses pengurangan ini sangat bergantung pada jarak antara stasiun monitor dengan titik yang akan ditentukan posisinya. Dalam hal ini semakin pendek jarak tersebut maka akan semakin efektif.

Metode diffrenesial ini merupakan metode yang harus digunakan untuk mendapatkan ketelitian posisi yang relatif tinggi.Metode ini dapat diaplikasikan secara statik maupun kinematik dengan menggunakan data pseudorange dan/ataupun fase. Metode

diferensial ini juga menjadi dasar dari metode penentuan posisi GPS yang lain.

Metode Statik

Metode statik ini merupakan metode penentuan posisi dari titik-titik yang statik (diam). Metode ini dapat dilakukan secara absolut maupun differensial dengan menggunakan data pseudorange dan/atau fase. Karakteristik metode ini dapat dilihat pada gambar 4.12



Gambar 3.12. Penentuan posisi titik-titik dengan metode survey GPS

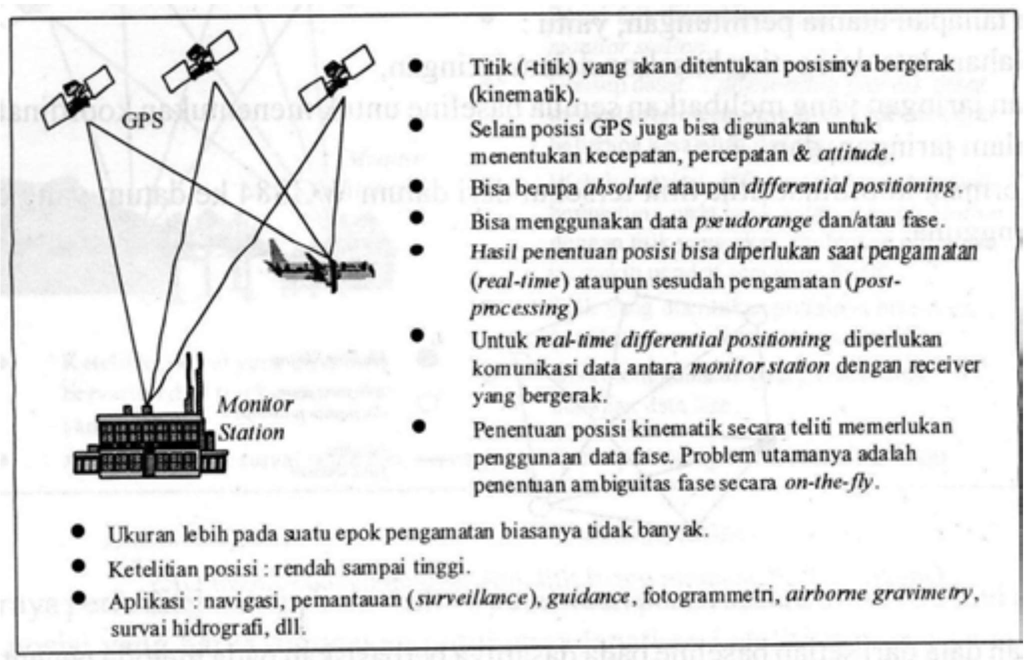
Survei dengan GPS yang umum digunakan untuk keperluan survey dan pemetaan didasarkan pada metode statik ini dengan menggunakan data fase. Pengamatan dilakukan baseline / baseline dalam suatu jaringan dari titik –titik yang akan ditentukan posisinya. Selanjutnya pengolahan data Pengukuran GPS untuk menentukan koordinat dari titik – titik dalam jaringan, biasanya akan mencakup tiga tahapan utama perhitungan yaitu :

- Pengolahan data dari setiap baseline dalam jaringan

- Perataan jaringan yang melibatkan semua baseline untuk menentukan koordinat dari titik – titik dalam jaringan
- Transformasi koordinat titik – titik tersebut dari datum WGS84 ke datum yang diperlukan oleh pengguna

Metode Kinematik

Penentuan posisi secara kinematik merupakan penentuan posisi dari titik – titik yang bergerak dan *receiver* GPS tidak mempunyai kesempatan untuk berhenti pada titik-titik tersebut.Karakteristik metode kinematik secara umum dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 4.13. Metode penentuan posisi kinematik

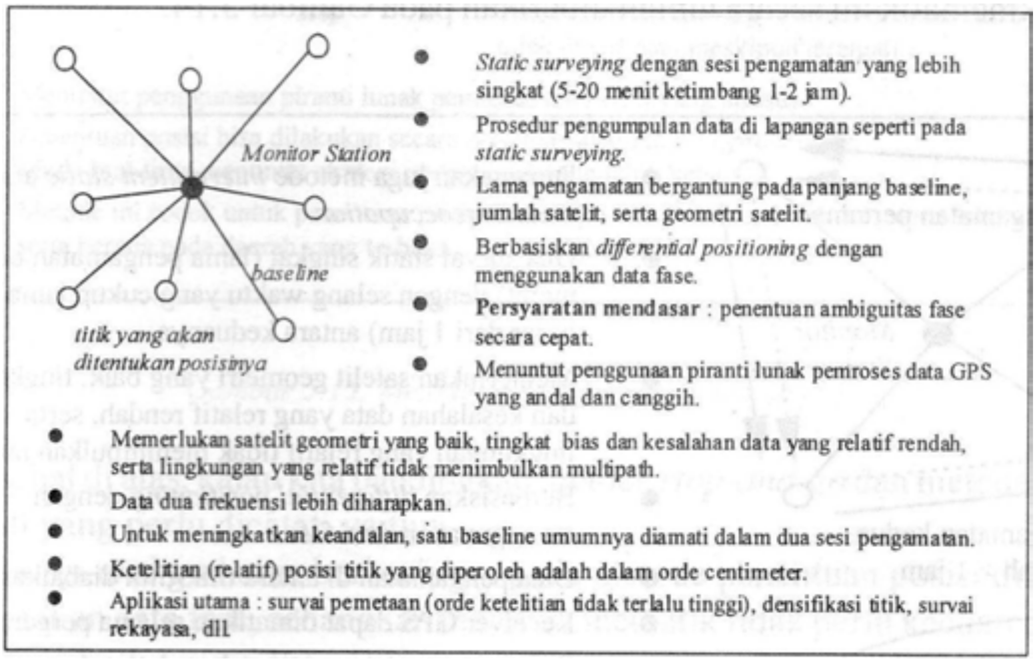
Beberapa karakteristik dari metode penentuan posisi secara kinematik, yaitu:

- Metode ini harus berbasiskan penentuan posisi differensial yang menggunakan data fase

- Hasill penentuan posisi bisa diperlukan saat pengamatan (*real time*) ataupun sesudah pengamatan (*Post Processing*)
- Untuk mode *real time*, diperlukan komunikasi data antara stasiun monitor dengan receiver yang bergerak.

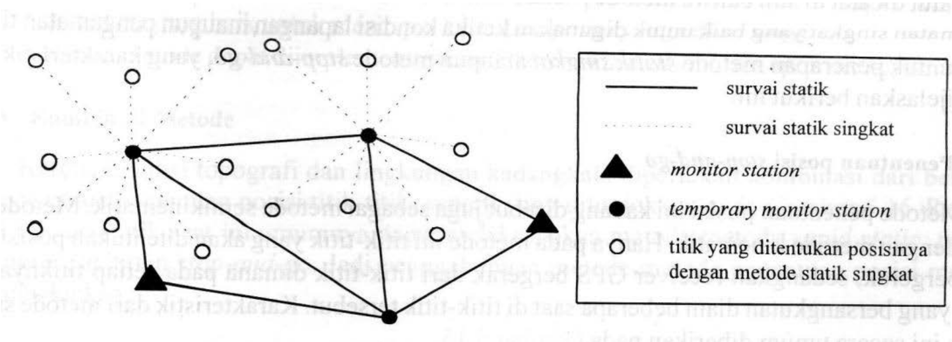
Metode Statik Singkat (Rapid Statik)

Matode penentuan posisi dengan rapid statik ini pada dasarnya adalah survey statik dengan waktu pengamatan yang lebih singkat, yaitu 4-20 menit. Metode ini bertumpu pada proses penentuan fase yang cepat disamping memerlukan perangkat lunak yang andal dan canggih, metode ini juga memerlukan geometri pengamatan yang baik. Karakteristik dari metoda statik singkat ini dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 4.14. Metode penentuan posisi secara statik singkat

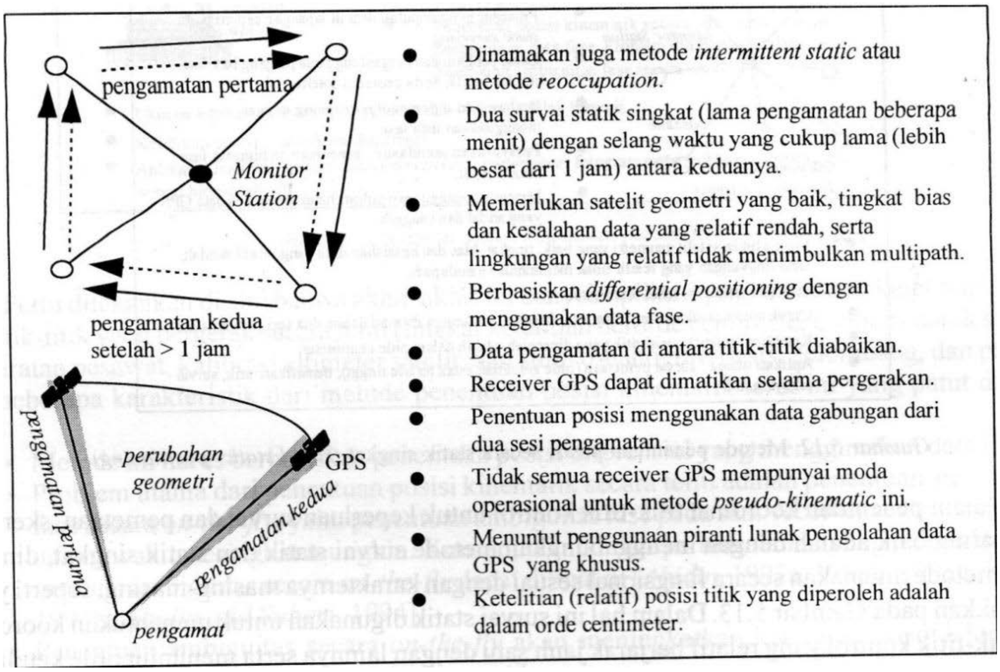
Dalam penentuan koordinat titik-titik kontrol untuk keperluan survey dan pemetaan, skenario yang paling baik adalah dengan menggabungkan metode survey statik dan statik singkat, dimana setiap metode digunakan secara fungsional sesuai dengan karakternya masing-masing, seperti pada gambar 4.15 dimana survey statik digunakan untuk menentukan koordinat titik-titik control yang berjarak relatif jauh satu dengan yang lainnya serta menuntut orde ketelitian yang relatif lebih tinggi, sedangkan survey statik singkat digunakan untuk menentukan koordinat titik-titik yang relatif dekat satu sama lainnya serta berorde ketelitian yang relatif lebih rendah.



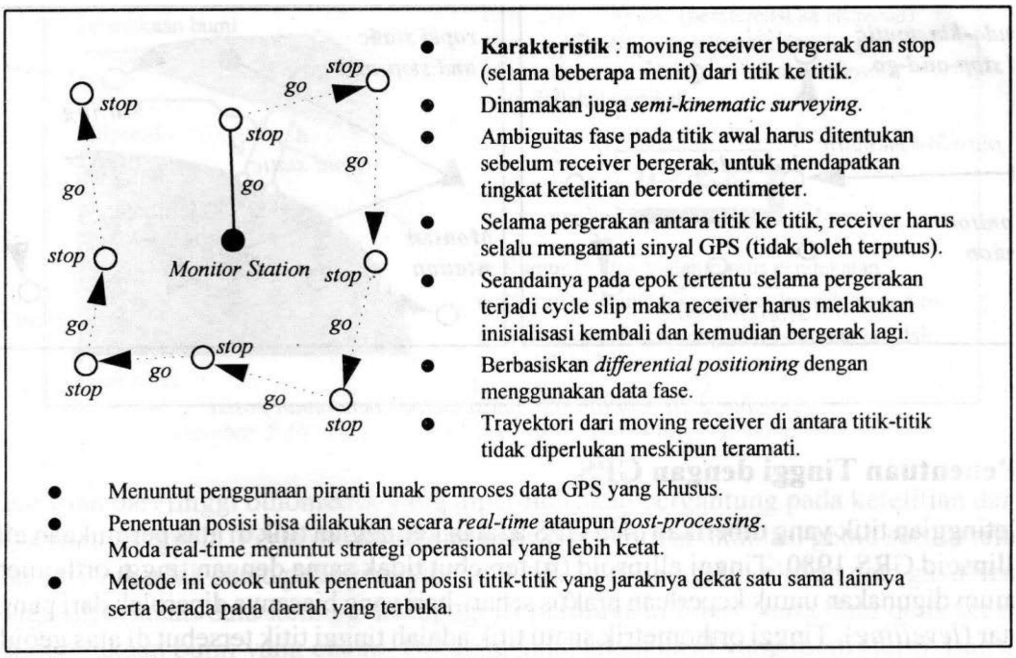
Gambar4.15. Kombinasi metode survey statik dan statik singkat

Metode Pseudo - Kinematik

Metode ini pada dasarnya dapat dilihat sebagai realisasi dari dua metode statik singkat yang dipisahkan oleh selang waktu yang relatif cukup lama. Pengamatan dalam dua sesi berselang waktu relatif lama dimaksudkan untuk mencakup perubahan geometri yang cukup, untuk dapat mensukseskan penentuan ambiguitas fase dan juga untuk mendapatkan ketelitian posisi yang lebih baik. Karaketristik dari metode ini dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16. Metode penentuan posisi pseudo-kinematik



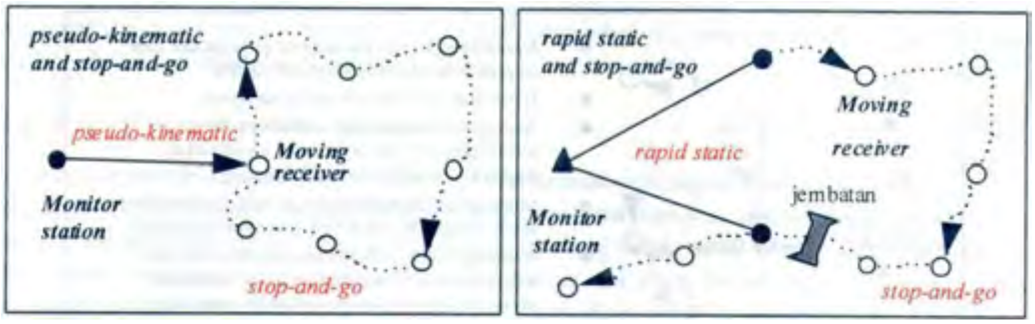
Gambar 4.17. Metode penentuan posisi stop and go

Metode Stop and go

Metode ini disebut juga sebagai metode semi-kinematik. Metode ini mirip dengan metode kinematik, hanya pada metode ini titik-titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak, sedangkan receiver GPS bergerak dari titik-titik dimana pada setiap titiknya *receiver* yang bersangkutan diam beberapa saat dititik-titik tersebut. Karakteristik dari metode ini dapat dilihat pada gambar 4.17.

Kombinasi Metode

Karena kondisi topografi dan lingkungan yang tidak memungkinkan, kadangkala diperlukan kombinasi dari beberapa metode untuk penentuan posisi titik-titik, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.18. Receiver GPS tipe geodetik saat ini umumnya dapat melaksanakan metode-metode rapid statik, pseudo kinematik ataupun stop and go. Jadi penggabungan metode-metode penentuan posisi memang memungkinkan.



Gambar 4.18. Contoh kombinasi metode penentuan posisi

Sumber Kesalahan

Sumber-sumber utama kesalahan dalam sistem GPS adalah sebagai berikut:

- Efek Atmosfer di troposfer dan ionosfer

- Kesalahan dalam sinkronisasi jam satelit

- *Electronic noise* dalam sinyal dan *receiver*elektronik

- *Multipath error*

- Ketidakpastian posisi satelit (kesalahan ephemeris)

- *Intentional degradation*

- Susunan geometris dari satelit

Tabel berikut mencantumkan perkiraan kontribusi dari masing-masing sumber untukkesalahan posisi keseluruhan.

Tabel 4.3. Sumber Kesalahan dalam Positioning GPS

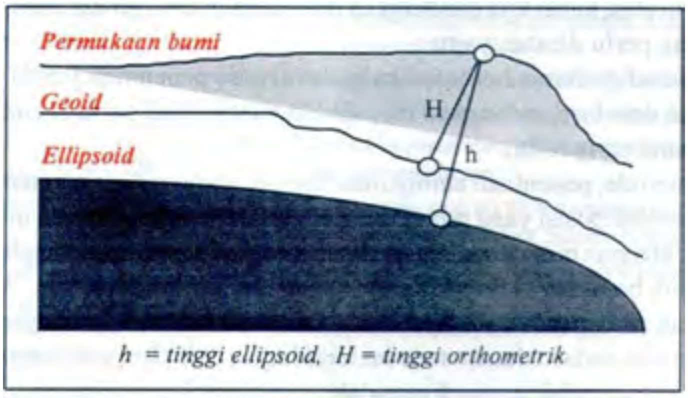
Error Source	Typical or Maximum Error
Ionosphere	10 Meters (30 feet)
Troposphere	1 Meter (3 feet)
Satellite Clock Synchronization	1 Meter (3 feet)
Electronic Noise	2 Meters (6 feet)
Multipath Error	0.5 Meters (1.5 feet)
Satellite Position (Ephemeris)	1 Meter (3 feet)
Intentional Degradation	0 Meters (0 feet) (currently)
Net RMS error	10 Meters (30 feet)
Typical Geometric Error (GDOP)	4 (Dimensionless factor)
Final RMS error (Net x GDOP)	**40 meters (120 feet)**
Actual Typical Error	**10 meters (30 feet)**

Dalam tabel, istilah kesalahan ditetapkan sebagai kesalahan RMS total.RMS singkatan dari "*rootmean square*" yang merupakan ukuran statistik. Ini berarti bahwa sekitar 63% dariposisi yang dihitung akan kurang dari kesalahan yang ditentukan. Perhatikan bahwa ini berarti sekitar 37% dari posisi akan lebih besar dari kesalahan ini. Dalam prakteknya, mungkin kesalahan posisi akan lebih besar untuk sebuah persentase waktu yang kecil.Perhatikan bahwa RMS error Final 40 meter mengasumsikan bahwa semua sumber kesalahan

adalahkontribusi nilai khas atau maksimum dalam arah yang sama. skenario inikesalahan *over estimates* sejak beberapa offset kesalahan sebenarnya atau membatalkan satu sama lain.Dalam prakteknya, kesalahan khusus umumnya pada urutan 10 meter (30 kaki) atau kurangdi pertengahan garis lintang.

Penentuan Tinggi dengan GPS

Ketinggian suatu titik koordinat yang diberikan oleh *receiver* GPS merupakan ketinggian titik tersebut diatas permukaan ellipsoid, yaitu permukaan ellipsoid GRS 1980. Tinggi ellipsoid ini tidak sama dengan tinggi orthometrik (H) yang biasanya digunakan untuk keperluan praktis yang diperoleh dari pengukuran sipat datar. Tinggi orthometrik ini diukur sepanjang garis gaya berat yang melalui titik tersebut sedangkan tinggi ellipsoid merupakan tinggi titik tersebut diatas ellipsoid yang dihitung sepanjang garis normal ellipsoid yang melalui titik tersebut, seperti pada gambar 4.19.



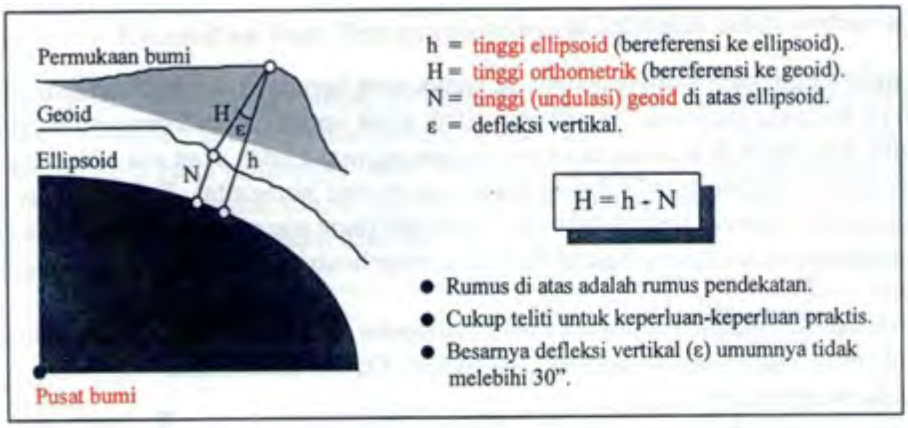
Gambar 4.19. Perbedaan tinggi ellipsoid dan Tinggi orthometrik

Geoid adalah suatu bidang ekipotensial medan gaya berat bumi. Dalam keperluanpraktis, geoid ini dianggap berimpit dengan muka air laut rata-rata (Mean Sea Level/MSL). Geoid adalah bidang referensi yang digunakan untuk menyatakan tinggi orthometrik. Secara matematis bidang geoid ini adalah suatu permukaan yang sangat kompleks dan diperlukan sangat banyak parameter untuk merepresentasikannya. Untuk merepresentasikan bumi secara

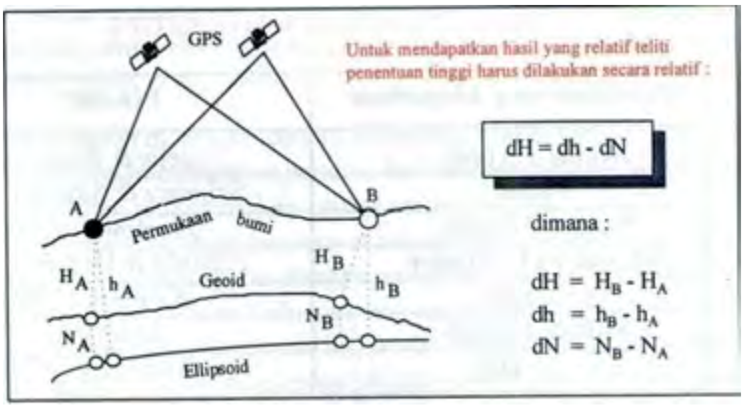
matematis umumnya digunakan suatu ellipsoid referensi dan bukan geoid. Ellipsoid referensi dan bidang geoid ini tidak berimpit .

Untuk dapat mentransformasi tinggi ellipsoid hasil ukuran GPS ke tinggi orthometrik maka diperlukan undulasi geoid di titik yang bersangkutan. Geometri dari rumus untuk transformasi tersebut ditunjukkan pada gambar 3.21

Ketelitian dari tinggi orthometrik yang diperoleh bergantung pada ketelitian dari tinggi *receiver* GPS serta undulasi geoid. Untuk mendapatkan hasil yang relatif teliti, transformasi tinggi GPS ke tinggi orthometrik umumnya dilakukan secara diferensial, seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.22.



Gambar 4.20. Transformasi tinggi ellipsoid ke tinggi orthometrik



Gambar 4.21. Penentuan tinggi secara diferensial

dimana dh dapat ditentukan lebih teliti dibandingkan h, dan dN dapat ditentukan lebih teliti dibandingkan N, maka Dh yang diperolehpun diharapkan lebih teliti.
Dengan tingkat fleksibilitas operasional dan tingkat ketelitiannya yang relatif cukup tinggi maka dapat diperkirakan untuk penentuan tinggi dengan GPS akan mempunyai peran yang cukup bear di masa yang akan datang. Ketelitian komponen tinggi yang diperoleh dengan GPS umumnya 2 sampai 3 kalilebih rendah dibandingkanketelitian komponen horisontalnya.

Pemanfaatan GPS

GPS mempunyai berbagai pemanfaatan, tidak hanya untuk keperluan militer, geodesi, survey dan pemetaan, tetapi juga untuk penelitian dalam geofisika, seperti geodinamika, strudi deformasi, studi atmosfer dan meteorologi, keperluan oseanografi dan sebagainya. GPS juga dimanfaatkan untuk navigasi pesawat udara, perhubungan darat dan laut. Hal ini disebabkan GPS tidak tergantung pada keadaan cuaca, dan dapat digunakan dalam keadaan statik atau kinematik, serta dapat dipasang di mobil, kerata api, kapal laut, pesawat udara bahkan satelit.

Tetapi perlu diketahui bahwa GPS juga mempunyai kelemahan, karena tidak dapat dimanfaatkan ditempat dimana sinyal satelit GPS tidak dapat diterima oleh antena alat penerima yang berada dalam dalam ruang, di bawah terowongan atau di dalam air. Oleh karena itu untuk meningkatkan akurasi dan ketelitian data, kombinasi pengukuran GPS dengan pengukuran posisi geodetik cara konvensional, yaitu pengukuran sudut dan jarak sering dilakukan.

3. Latihan.

a. Jelaskan apa yang dimaksud dengan GPS !
b. Sebutkankelebihan atau keuntungan penggunaan GPS dalam pengukuran untuk penentuan posisi di lapangan dibandingkan dengan metode konvensional !
c. Jelaskan apa yang dimaksud dengan metode trilaterasi dalam penentuan posisi !

4. Rangkuman

GPS merupakan salah satu metode dalam geodesi satelit yang digunakan untuk penentuan posisi di permukaan bumi secara 3D dimana penentuannya menggunakan teknik trilaterasi dengan menggunakan jarak dari beberapa lokasi yang diketahui untuk menentukan koordinat lokasi yang tidak diketahui.

5. Evaluasi Materi Pokok 3

Jawablah Pertanyaan berikut ini :

a. Jelaskan apa yang dimaksud dengan geodesi satelit !
b. Sebutkan empat metode Geodesi satelit !
c. Sebutkan tiga *segment* yang dipakai dalam GPS !
d. Sebutkan rumus yang digunakan untuk menentukan jarak ke satelit !
e. Sebutkan Metode- metode yang digunakan dalam penentuan posisi menggunakan GPS !
f. Sebutkan enam sumber kesalahan yang biasanya terjadi dalam sistem GPS !
g. Jelaskan apa yang dimaksud dengan teknik DGPS !

6. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.

Setelah menguasai materi ini, Anda dapat mengukur kemampuan Anda dengan mencocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang ada pada bab penutup.

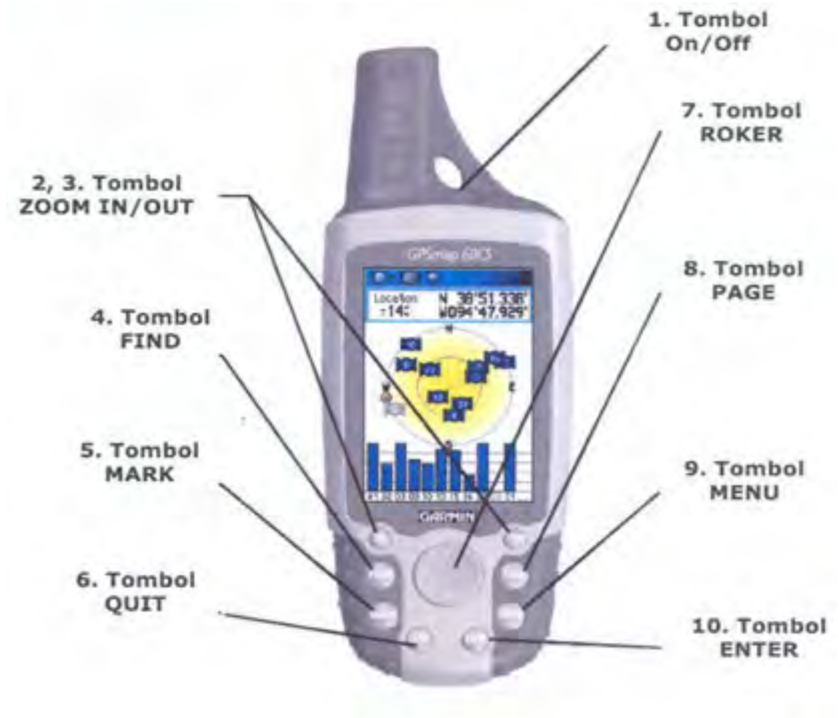
5 PENGENALAN GPS HANDHELD

Dalam survey awal penentuan posisi untuk lokasi mikrohidro, umumnya kita belum memerlukan suatu survey dan pemetaan secara rinci. Survei awal ini bertujuan untuk melihat kondisi awal dari suatu target lokasi, mengenai hal – hal yang berkaitan dengan kebutuhan pembangunan mikrohidro tersebut, titik lokasi koordinat lokasi, elevasi lokasi, tata guna lahan lokasi, pengukuran debit dll. Untuk penentuan koordinat lokasi awal ini kita dapat menggunakan GPS tipe navigasi atau Handheld. Karena penggunaan GPS handheld ini sangat penting,sehingga dibawah akan diuraikan mengenai pemakaian praktis GPS Hanheld ini. UNtuk Tuipe GPS yang digunakan adalah tipe GPS Garmin Map 60 CSX.

5.1 Fungsi – Fungsi Tombol Garmin GPS Map 60 CSX

Garmin GPS Map 60 CSX adalah salah satu Receiver GPS tipe navigasi, yang dilengkapi dengan Kompas Digital. Alat ini punya kemampuan sebagai berikut :

1. Dapat menentukan posisi (koordinat) dalam format geografi (lintang & bujur), koordinat pada proyeksi peta (UTM), dll
2. Dapat menentukan ketinggian suatu tempat
3. Dapat menentukan waktu, kecepatan, dan arah
4. Dapat menyimpan koordinat sebanyak 3000 titik (waypoint)
5. Dapat menyimpan koordinat secara otomatis (track) sebanyak 10000 titik



Gambar 5.1 Tombol utama garmin Map 60 CSX

Fungsi – fungsi tombol pada keypad Receiver Garmin GPS 60 adalah sebagai berikut :

1. Tombol **ON/OFF**

   Tombol ini berfungsi untuk menghidupkan atau mematikan Receiver atau untuk mengatur terang/gelap layar.

2. Tombol **Zoom In dan tombol Zoom Out**

   Tombol ini berfungsi pada tampilan halaman (page) peta (map) untuk memperbesar atau memperkecil tampilan peta dilayar.

3. Tombol **FIND**

   Tombol Find berfungsi untuk menampilkan menu Find, berguna untuk navigasi mencari suatu titik yang telah diketahui koordinatnya (waypoint) atau mencari suatu kota (Cities).

4. Tombol **MARK**

   Tombol Mark berfungsi untuk menyimpan posisi saat ini ke dalam waypoint.

5. Tombol **QUIT**

   Tombol Quit berfungsi untuk keluar dari suatu tampilan menu atau

kembali ke halaman sebelumnya.

6. Tombol **ROCKER**

   Tombol Rocker berfungsi untuk memilih menu atau menggerakkan kursor pada tampilan di layer.

7. Tombol **PAGE**

   Tombol Page berfungsi untuk pindah dari tampilan halaman (page) 1 ke halaman berikutnya.

8. Tombol **MENU**

   Tombol Menu berfungsi untuk menampilkan option masing-masing tampilan halaman atau kalau ditekan 2 kali akan menampilkan halaman menu utama.

9. Tombol **ENTER**

   Beberapa fungsi tombol ini adalah sebagai berikut :

   - Untuk memilih **MENU/SUB MENU.**
   - Untuk memasukkan data (misalnya memasukkan koordinat ke waypoint).



Gambar 5.2 Beberapa port yang ada di belakang

Dibagian belakang Receiver Garmin GPS terdapat :

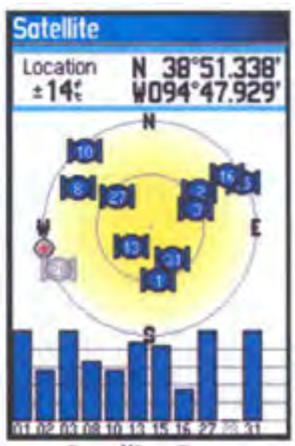
1. Port untuk koneksi kabel ke antena luar.
2. Port untuk koneksi kabel ke batterai luar.
3. Port untuk koneksi kabel USB ke computer.
4. Kunci penutup batterai.
5. Tempat batterai.

5.2. Tampilan Informasi Layar (PAGE)

Receiver Garmin GPS Navigasi 60 menampilkan informasi ke pengguna dalam bentuk halaman per halaman (page) informasi di layer monitor, ada lima (5) tampilan halaman informasi yang terdiri dari Satelite Page, Trip Komputer Page, Map Page, Compass Page, Main Menu Page. Untuk pindah dari tampilan halaman satu ke halaman lainnya dapat melakukan dengan menekan tombol PAGE atau QUIT.

5.2.1. Satellite Page

Menampilkan informasi jumlah satelit yang diterima dalam bentuk diagram batang dan sky plot, posisi atau koordinat Geografi (lintang dan bujur) serta ketelitian koordinat.



Gambar 5.3. Satelit page

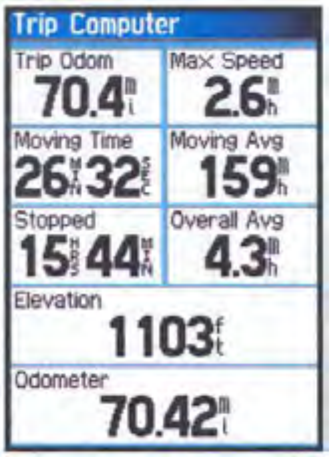
Pada halaman satelit ini punya beberapa pilihan (option) yang dapat ditampilkan dengan menekan tombol Menu.



Gambar 5.4 Option satelit page

5.2.2. Trip Komputer Page

Menampilkan informasi data untuk navigasi seperti kecepatan, arah, jarak, waktu, posisi, ketinggian dan lain-lain.



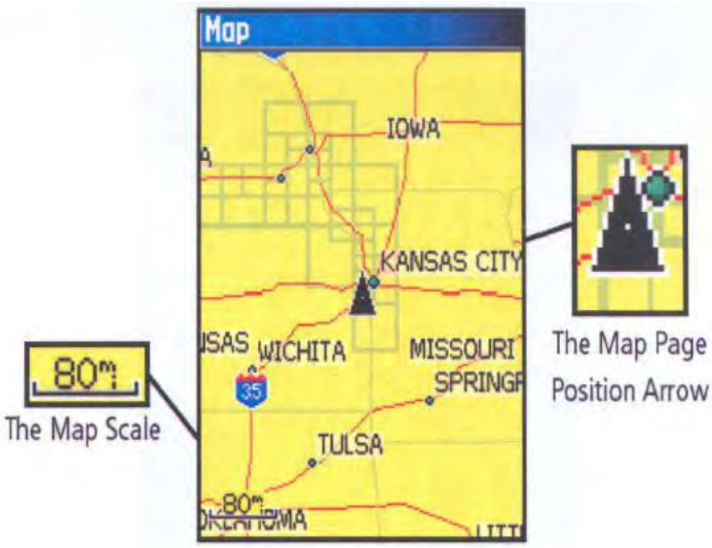
Gambar 5.5 Page trip computer

Informasi data yang ditampilkan dapat dipilih sesuai kebutuhan, dengan cara menekan tombol menu, dan memilih sub menu **Change data Fields**

5.2.3. Map Page

Menampilkan peta dan informasi navigasi (sesuai kebutuhan). Pada tampilan halaman peta ini beberapa hal yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

- Zoom IN/OUT (memperbesar atau memperkecil) tampilan skala peta.
- Menampilkan titik waypoint.
- Menampilkan hasil pengukuran Track (seperti jalan, dll).
- Mengukur jarak antara 2 titik di peta, dll.



Gambar 5.6 Map page

Pada halaman Peta (map) ini punya beberapa pilihan (option) yang dapat ditampilkan dengan menekan tombol Menu. Map Page Option diatas digunakan untuk mengatur tampilan informasi peta, sebagai contoh untuk menampilkan informasi Speed, Heading, dan lokasi pada tampilan peta dapat dilakukan sebagai berikut :

- Pada tampilan peta, tekan tombol menu 1 kali
- Selanjutnya menggunakan tombol Rocker pilih **Data Fields,** kemudian tekan tombol **Enter.**
- Kemudian menggunakan tombol Rocker pilih 3 **Data**

Fields, maka dilayar peta akan muncul kotak informasi Speed, Heading, dan lokasi.

- Untuk mengganti informasi pada masing-masing kotak data, gunakan menu **Change Data Field.**

5.2.4. Compass Page

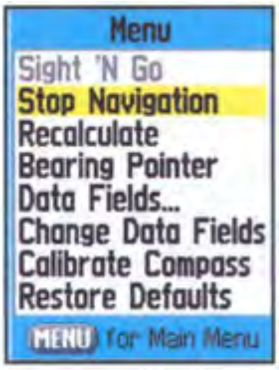
Menampilkan informasi navigasi, pada dasarnya sama dengan Map page

- Speed (kecepatan).
- Dist To Next (jarak ke titik yang dituju).
- To Course (arah/azimuth ke titik yang dituju).
- Off Course, koreksi ke arah garis tujuan di lapangan (kiri atau kanan).
- Track (arah perjalanan/pergerakan receiver).



Gambar 5.7 Compass page

Untuk mengganti / merubah tampilan kotak informasi dapat m e nggunakan Compass Page Option berikut :



Gambar 5.8 Compass page option

5.2.5. Main Menu

Main Menu adalah Menu untuk mengatur parameter receiver (datum, format koordinat), satuan panjang/sudut/waktu yang diinginkan, atau informasi mengenai GPS, tinggi muka laut, waypoint, beberapa program bantu seperti kalkulator, kalender, stopwatch, games dan lain-lain.



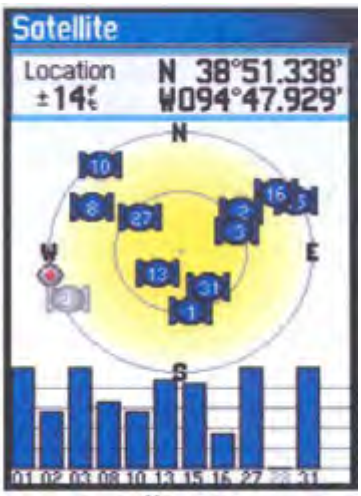
Gambar 5.9 Main menu

5.3. PENGGUNAAN RECEIVER GPS GARMIN Map 60 CXS

Penggunaan receveir Garmin GPS Navigasi 60 dilapangan terkait dengan beberapa pekerjaan mulai dari menghidupkan alat, pengukuran alat, kalibrasi ketinggian, penggunaan alat untuk penentuan posisi.

5.3.1. Menghidupkan Receiver Garmin GPS Navigasi 60

Untuk menghidupkan receiver dapat dilakukan dengan menekan tombol **ON/OFF**, setelah dihidupkan receiver akan melakukan inisialisasi (acquiring satellite atau mencari sinyal satelit), setelah menerima 4 satelit akan muncul tampilan halaman informasi satelit beserta koordinat sebagai berikut :



Gambar 5.10. Tampilan saat titik koordinat sudah didapat

Informasi kanan atas menunjukkan Koordinat Geografi posisi alat saat ini, bagian kiri atas menunjukkan ketelitan koordinat tersebut (makin kecil nilainya makin baik). Bagian diagram batang menunjukkan informasi jumlah satelit dan kuat sinyal satelit yang diterima.

Catatan : Apabila receiver tidak digunakan dalam jangka waktu yang lama (3 bulan)

- dalam keadaan batterai dilepas, lakukan inisialisasi seperti berikut : Hidupkan receiver (tekan tombol **ON/OFF**).
- Setelah mucul halaman Satellites, tekan tombol menu 1 kali. Akan muncul Satellite option sebagai berikut :



Gambar 5.11 Satellite option

- Menggunakan tombol Rocker pilih **NEW LOCATION**, kemudian tekan **Enter**, setelah itu pilih Automatic dan tekan **Enter.**
- Untuk kondisi seperti ini perlu waktu inisialisasi sekitar 15 menit.

5.3.2. Pengaturan Receiver Garmin GPS (Setting Receiver)

Sebelum Receiver GPS digunakan perlu dilakukan pengaturan receiver (setting) agar sesuai dengan kebutuhan pengguna. Beberapa hal yang perlu diatur/diset adalah :

1. Unit (terkait dengan pengaturan Sistem Koordinat, Datum Koordinat dan bentuk/format tampilan koordinat (UTM atau Geografi), satuan panjang, satuan tinggi, satuan kedalaman dll).
2. Tampilan waktu (local atau UTC).
3. C a l i b ration.
4. Interface (komunikasi reciver dengan komputer).

Pengaturan (setting) alat ini cukup satu kali dilakukan kecuali kalau perlu perubahan dan sebaiknya dilakukan dikantor sebelum berangkat ke lapangan.

5.3.2.1. Pengaturan Unit

Pengaturan unit dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

a. Hidupkan alat.

b. Pilih MAIN MENU (tekan tombol Menu dua kali).

c. Dengan tombol Rocker, pilih Setting dilanjutkan dengan menekan tombol Enter.

d. Selanjutnya menggunakan tombol Rocker pilih item Menu Units dilanjutkan dengan menekan tombol Enter.

e. Menggunakan tombol Rocker, pindahkan kursor ke **Position Format**, tekan Enter selanjutnya pilih sebagai berikut :

   - Pilih format **hddd^{o} mm' ss.ss''** kemudian tekan tombol Enter untuk koordinat Geografi.
   - Pilih **UTM/UPS** kemudian tekan Enter untuk koordinat **UTM.**

f. Pindahkan kursor ke **Map Datum**, dan pilih **WGS 84.**

g. Selanjutnya pindahkan balok kursor ke **Distance/Speed**, tekan Enter, kemudian pilih **Metric** diikuti dengan menekan tombol Enter.

h. Pindahkan balok kursor ke **Elevation (Vert Speed)**, tekan Enter, kemudian pilih **Meters (m/sec)** diikuti dengan menekan tombol Enter.

i. Pindahkan balok kursor ke **Depth**, tekan Enter, kemudian pilih **Meters** dilanjutkan dengan menekan tombol Enter.

j. Pindahkan balok kursor ke **Temperature**, tekan Enter, kemudian pilih **Celcius** dilanjutkan dengan menekan tombol Enter. Setelah selesai tekan tombol **Quit.**

5.3.2.1. Pengaturan Waktu

Pengaturan waktu dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

a. Hidupkan alat.

b. Pilih **MAIN MENU** (tekan tombol Menu dua kali).

c. Dengan tombol Rocker, pilih Setting dilanjutkan dengan

menekan tombol Enter.

d. Selanjutnya menggunakan tombol Rocker pilih item menu Time dilanjutkan dengan menekan tombol Enter.
e. Menggunakan tombol Rocker, pindahkan kursor ke Time Format, tekan Enter, selanjutnya pilih 12 hour atau 24 hour, diikuti dengan menekan tombol Enter.
f. Selanjutnya pindahkan balok kursor ke Time Zone, tekan Enter, Kemudian pilih Other diikuti dengan menekan tombol Enter.
g. Selanjutnya pindahkan balok kursor ke UTC Offset, tekan Enter, Kemudian isikan +09.00 untuk WIT, +08.00 untuk WITA, dan +07.00 untuk WIB dilanjutkan dengan menekan tombol Enter. Setelah selesai tekan tombol **Quit.**

5.3.2.2. Pengaturan Interface

Pengaturan Interface perlu dilakukan agar Receiver dapat berkomunikasi dengan komputer, hal ini diperlukan untuk memindahkan data hasil pengukuran ke komputer. Pengaturan Interface dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

a. Hidupkan alat.
b. Pilih MAIN MENU (tekan tombol Menu dua kali).
c. Dengan tombol Rocker, pilih Setting dilanjutkan dengan menekan tombol Enter.
d. Selanjutnya menggunakan tombol Rocker pilih item menu Interface dilanjutkan dengan menekan tombol Enter.
e. Menggunakan tombol Rocker, pindahkan kursor ke Tserial Data Format, tekan Enter, selanjutnya pilih GARMIN, diikuti dengan menekan tombol Enter.
f. Setelah selesai tekan tombol **Quit.**

5.3.2.3. Pengaturan Tampilan Informasi pada halaman (page) Trip Komputer

Pengaturan tampilan informasi ini agar informasi yang muncul dilayar trip komputer sesuai dengan kebutuhan. Pengaturan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

a. Hidupkan alat.
b. Pilih Trip Komputer Page (dengan cara tekan tombol page beberapa kali sampai muncul halaman trip komputer).
c. Selanjutnya tekan tombol Menu satu kali.
d. Dengan tombol Rocker, pilih **Change Data Field** dilanjutkan dengan menekan tombol Enter.
e. Selanjutnya menggunakan tombol Rocker pilih item menu Data Field yang akan dirubah tampilan informasinya (misalnya Field Odometer mau diganti dengan informasi posisi/koordinat) dilanjutkan dengan menekan tombol Enter.
f. Menggunakan tombol Rocker pilih Location (selected), diikuti dengan menekan tombol Enter.
g. Sekarang informasi Odometer telah berubah menjadi informasi koordinat.
h. Setelah selesai tekan tombol **Quit.**

5.3.3. Pengukuran Posisi/Koordinat Objek Titik di Lapangan

Pengertian objek titik dilapangan sangat relative tergantung dari skala peta yang diinginkan (contoh suatu desa dapat berupa titik pada peta skala 1:1.000.000, suatu rumah/bangunan dapat berupa titik pada peta skala 1:25.000, suatu tiang listrik dapat berupa titik pada peta skala 1:500). Pengukuran penentuan posisi titik di lapangan seperti tiang, bangunan, jembatan menggunakan GPS Navigasi 60 dapat dilakukan sebagai berikut :

- Persiapan peralatan
  1. Receiver GPS Navigasi 60.
  2. Kabel Dowwnload.
  3. Formulir ukuran.
  4. Pengaturan Receiver (lihat atas).
- Pengukuran di lapangan
  1. Datang ke lokasi objek titik yang akan diukur (kondisi terbuka).
  2. Hidupkan alat.
  3. Tunggu beberapa saat (setelah satelit keterima 4), akan muncul informasi koordinat.
  4. Catat atau rekam ke memori (Waypoint) dengan cara :
     - Tekan tombol **MARK.**
     - Menggunakan tombol Rocker pilih **Avg/rata-rata**, dilanjutkan dengan menekan tombol Enter, setelah Estimated Accuracy terpenuhi misalnya 2 meter, tekan tombol Enter.
     - Kalau perlu beri nama titik pada baris paling atas.
     - Pindahkan kursor ke tombol Ok selanjutnya tekan Enter.
  5. Sebaiknya catat no urut Waypoint dan harga koordinat di formulir survey dan lengkapi juga dengan keterangan objek yang diperlukan.
  6. Lakukan hal yang sama untuk titik lainnya.

5.3.4. Pengukuran Posisi/Koordinat Objek Berbentuk Garis di Lapangan

Pengertian objek garis di lapangan dapat berupa jalan, garis keliling kebun sungai dan lain – lain. Pengukuran penentuan posisi objek garis di lapangan dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Persiapan peralatan :
   - GPS GARMIN
   - Kabel download
   - Formulir ukuran

2. Pengukuran Koordinat di Lapangan
   - Datang ke titik awal jalan yang akan diukur.
   - Hidupkan alat (tekan tombol ON).
   - Tunggu beberapa saat (setelah satellite keterima 4), akan muncul informasi koordinat.
   - Tekan tombol PAGE beberapa kali sampai muncul halaman Main Menu.
   - Meggunakan tombol Rocker, pindahkan kursor ke Tracks, diikuti dengan menekan tombol Enter.
   - Menggunakan tombol Rocker pilih Setting, isikan :
     a. Isikan Wrap When Full.
     b. Record Methode : DISTANCE.
     c. Interval : 0.01 km.
     d. Selesai mengisis parameter ukuran, tekan tombol QUIT.
   - Isikan option Track Log : ON (pindah kursor ke ON dan tekan Enter).
   - Mulai jalan mengikuti jalan yang akan diukur, sampai akhir segmen jalan yang hendak diukur posisinya.
   - Setelah selesai sampai di ujung jalan set Track Log pada option menjadi OFF (pindahkan kursor ke OFF tekan Enter).
   - Catat data atribut/keterangan seperti nama jalan, kelas jalan dll.
   - Perhatikan % memory alat (kalau sudah 95% disimpan) dengan cara pindahkan kursor ke SAVE diikuti Enter.
   - Kemudian klik yes Enter bila muncul pertanyaan Do you want to save the entire track?.
   - Isikan nama file atau menggunakan nama file otomatis berdasarkan
   - tanggal-bulan-tahun dan sesi pengukuran contoh 01-Aug-05 01.
   - Alat ini maksimal bisa menyimpan sampai 20 file.

6 PETA DAN ATRIBUTNYA

6.1. Pengertian Peta

Pernahkah Anda melihat peta? Kalau sudah, apakah sebenarnya peta itu? Baiklah berikut ini akan dijelaskan pengertian peta.

Peta adalah gambaran permukaan bumi pada bidang datar dengan skala tertentu melalui suatu sistem proyeksi. Kalau Anda bertanya kapan peta mulai ada dan digunakan manusia? Jawabannya adalah peta mulai ada dan digunakan manusia, sejak manusia melakukan penjelajahan dan penelitian. Walaupun masih dalam bentuk yang sangat sederhana yaitu dalam bentuk sketsa mengenai lokasi suatu tempat.

Pada awal abad ke 2 (87M -150M), Claudius Ptolomaeus mengemukakan mengenai pentingnya peta. Kumpulan dari peta-peta karya Claudius Ptolomaeus dibukukan dan diberi nama “Atlas Ptolomaeus”. Ilmu yang membahas mengenai peta adalah kartografi. Sedangkan orang ahli membuat peta disebut kartografer.

Dengan mempelajari jenis peta Anda akan mengetahui peta itu termasuk peta apa, menurut isi, skala dan pemakaiannya. Peta dapat digolongkan (diklasifikasikan) menjadi tiga jenis, yaitu jenis peta berdasarkan isinya, berdasarkan skalanya dan berdasarkan tujuannya. Selain itu Anda juga perlu mempelajari fungsi peta

6.2. Jenis Peta berdasarkan isinya

Berikut ini adalah penjelasan penggolongan peta berdasarkan isinya. Berdasarkan isinya peta dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu: peta umum dan peta khusus (tematik).

Peta umum ada 2 jenis yaitu: peta topografi dan peta chorografi.

6.2.1. Peta Topografi

Peta topografi yaitu peta yang menggambarkan bentuk relief (tinggi rendahnya) permukaan bumi. Dalam peta topografi digunakan garis kontur (countur line) yaitu garis yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai ketinggian sama.

Kelebihan peta topografi:

• Untuk mengetahui ketinggian suatu tempat.

• Untuk memperkirakan tingkat kecuraman atau kemiringan lereng.

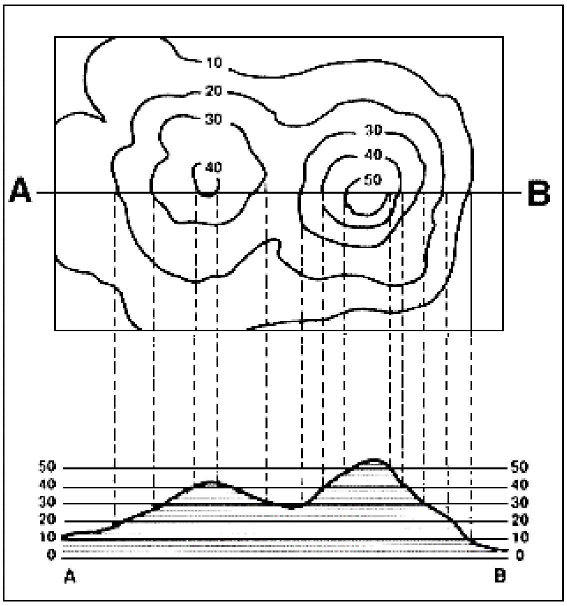
Pernahkah Anda menggunakan dan melihat peta topografi? Ciri utama peta topografi adalah menggunakan garis kontur. Untuk lebih jelas mengenai peta topografi dan garis kontur dapat Anda lihat pada gambar 5.1 dan 5.2,

Beberapa ketentuan pada peta topografi:

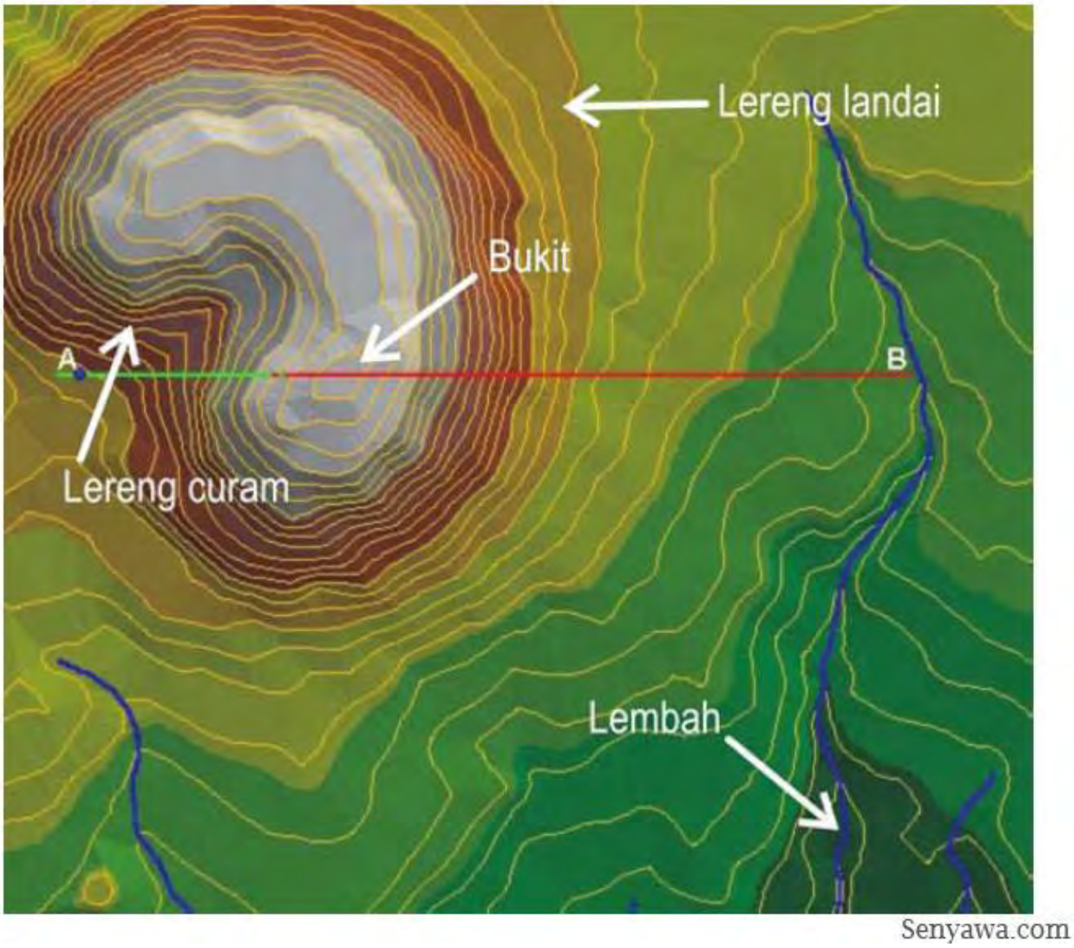
a. Makin rapat jarak kontur yang satu dengan yang lainnya menunjukkan daerah tersebut semakin curam. Sebaliknya semakin jarang jarak antara kontur menunjukkan daerah tersebut semakin landai.

b. Garis kontur yang diberi tanda bergerigi menunjukkan depresi (lubang/cekungan) di puncak, misalnya puncak gunung yang berkawah.

c. Peta topografi menggunakan skala besar, antara 1 : 50.000 sampai 1 : 100.000.



Gambar 6.1 Garis kontur dan penampangnya



Gambar 6.2 Interpretasi bentuk lahan pada Peta Topografi

6.2.2. Peta chorografi

Peta Chorografi adalah peta yang menggambarkan seluruh atau sebagian permukaan bumi dengan skala yang lebih kecil antara 1 : 250.000 sampai 1 : 1.000.000 atau lebih.

Peta chorografi menggambarkan daerah yang luas, misalnya propinsi, negara, benua bahkan dunia. Dalam peta chorografi digambarkan semua kenampakan yang ada pada suatu wilayah di antaranya pegunungan, gunung, sungai, danau, jalan raya,jalan kereta api, batas wilayah, kota, garis pantai, rawa dan lain-lain. Atlas adalah kumpulan dari peta chorografi yang dibuat dalam berbagai tata warna. Berikut ini adalah contoh peta chorografi.

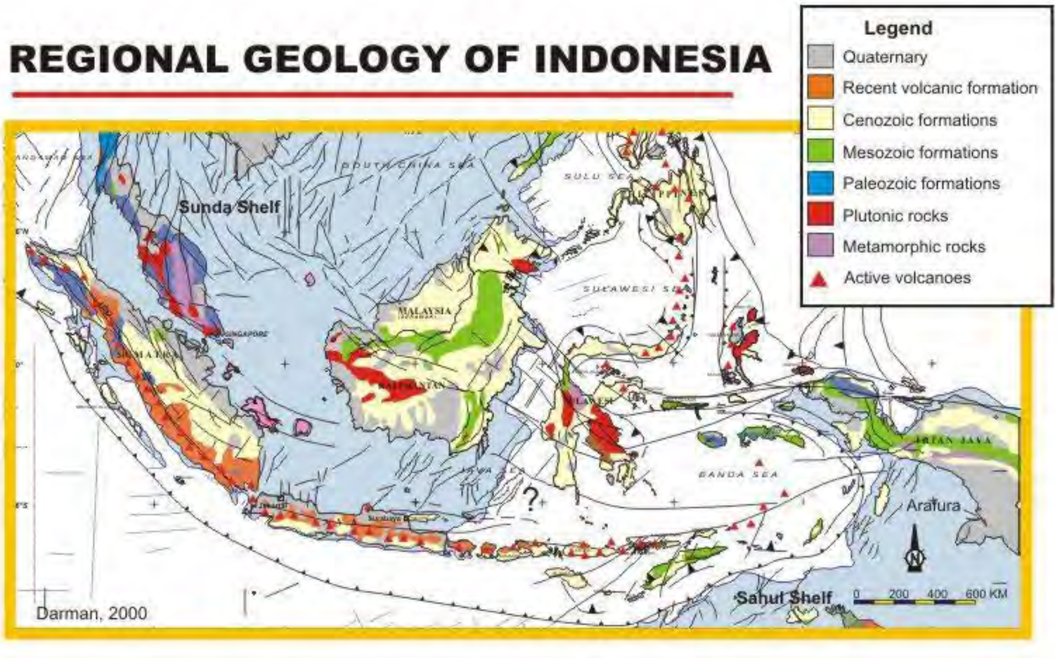


Gambar 6.3 Peta Chorografi Indonesia

6.3. Peta Tematik (Khusus)

Setelah Anda memahami jenis peta umum, sekarang kita akan mempelajari jenis peta khusus atau tematik. Disebut peta khusus atau tematik karena peta tersebut hanya menggambarkan satu atau dua kenampakan pada permukaan bumi yang ingin ditampilkan. Dengan kata lain, yang ditampilkan berdasarkan tema tertentu.

Peta khusus adalah peta yang menggambarkan kenampakan-kenampakan (fenomena geosfer) tertentu, baik kondisi fisik maupun sosial budaya. Contoh peta khusus/tertentu: peta curah hujan, peta kepadatan penduduk, peta penyebaran hasil pertanian, peta penyebaran hasil tambang, chart (peta jalur penerbangan atau pelayaran).



Gambar 6.4. Peta Tematik Geologi Indonesia berdasarkan formasi pada waktu geologi

6.4. Jenis peta berdasarkan skalanya

Peta tidak sama besarnya (ukurannya). Ada peta yang berukuran besar dan ada peta yang berukuran kecil. Besar-kecilnya peta ditentukan oleh besar-kecilnya skala yang digunakan. Skala peta adalah perbandingan jarak antara dua titik di peta dengan jarak sebenarnya di permukaan bumi (lapangan).

Untuk lebih jelasnya marilah kita bahas penggolongan peta berdasarkan skalanya.

Berdasarkan skalanya peta dapat digolongkan menjadi empat jenis, yaitu:

1. Peta kadaster/teknik adalah peta yang mempunyai skala antara 1 : 100 sampai 1 : 5.000. Peta ini digunakan untuk menggambarkan peta tanah atau peta dalam sertifikat tanah, oleh karena itu banyak terdapat di Departemen Dalam Negeri, pada Dinas Agraria (Badan Pertanahan Nasional).
2. Peta skala besar adalah peta yang mempunyai skala 1 : 5.000 sampai 1 : 250.000. Peta skala besar digunakan untuk menggambarkan wilayah yang relatif sempit, misalnya peta kelurahan, peta kecamatan.

3. Peta skala sedang adalah peta yang mempunyai skala antara 1 : 250.000 sampai 1:500.000. Peta skala sedang digunakan untuk menggambarkan daerah yang agak luas, misalnya peta propinsi Jawa Tengah, peta propinsi maluku.

4. Peta skala kecil adalah peta yang mempunyai skala 1 : 500.000 sampai 1 : 1.000.000 atau lebih. Peta skala kecil digunakan untuk menggambarkan daerah yang relatif luas, misalnya peta negara, benua bahkan dunia.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar angka pembandingnya berarti skala peta itu makin kecil.

6.5. Jenis peta berdasarkan tujuannya

Peta dibuat orang dengan berbagai tujuan. Berikut ini contoh-contoh peta untuk berbagai
tujuan:

a. Peta Pendidikan (*Educational Map*).
   Contohnya: peta lokasi sekolah SLTP/SM
b. Peta Ilmu Pengetahuan.
   Contohnya: peta arah angin, peta penduduk.
c. Peta Informasi Umum (*General Information Map*).
   Contohnya: peta pusat perbelanjaan.
d. Peta Turis (*Tourism Map*).
   Contohnya: peta museum, peta rute bus.
e. Peta Navigasi.
   Contohnya: peta penerbangan, peta pelayaran.
f. Peta Aplikasi (*Technical Application Map*).
   Contohnya: peta penggunaan tanah, peta curah hujan.
g. Peta Perencanaan (*Planning Map*).
   Contohnya: peta jalur hijau, peta perumahan, peta pertambangan.



Gambar 6.5 Contoh Peta berdasarkan tujuan

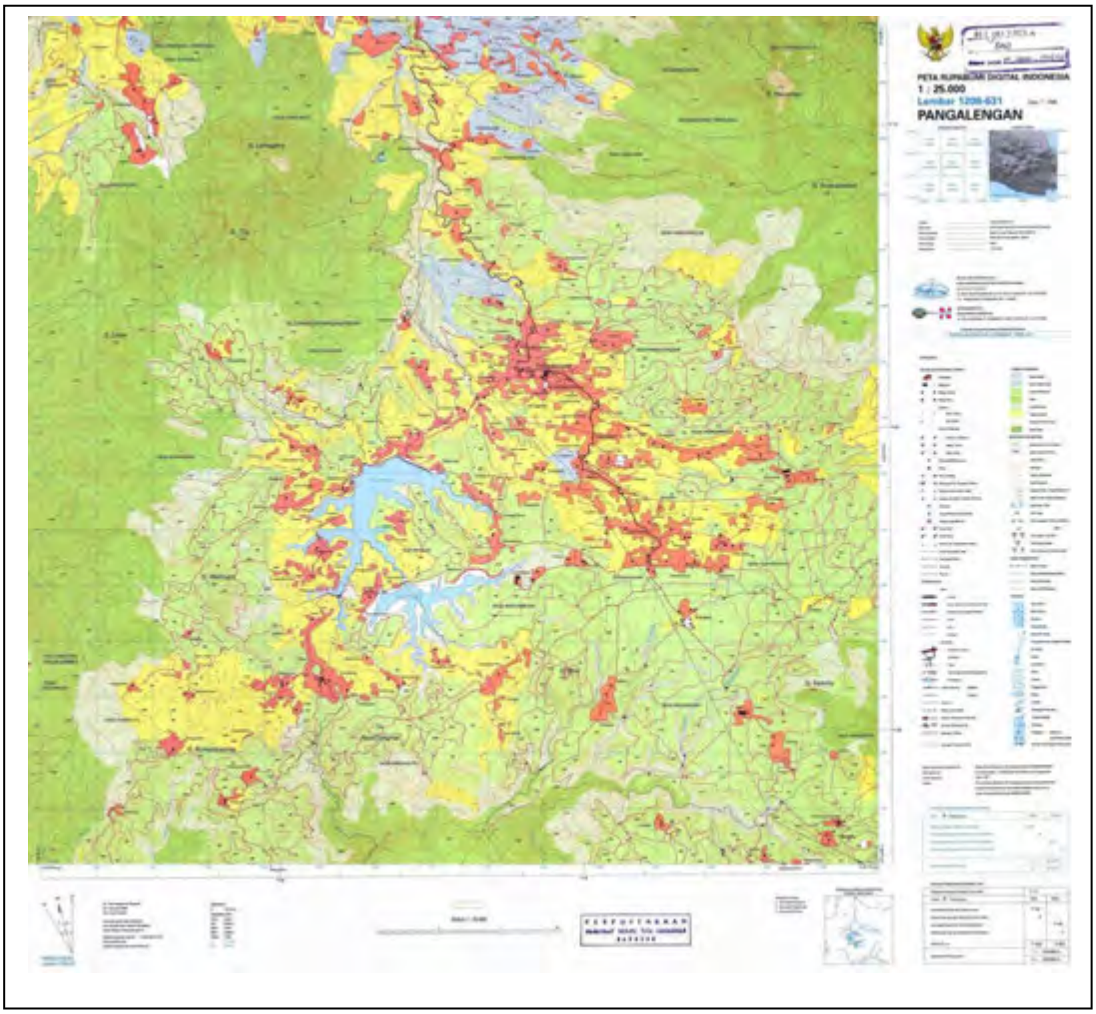
6.6 Fungsi Peta

Peta sangat diperlukan oleh manusia. Dengan peta Anda dapat mengetahui atau menentukan lokasi yang Anda cari, walaupun Anda belum pernah mengunjungi tempat tersebut. Secara umum fungsi peta dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Menunjukkan posisi atau lokasi suatu tempat di permukaan bumi.
2. Memperlihatkan ukuran (luas, jarak) dan arah suatu tempat di permukaan bumi.
3. Menggambarkan bentuk-bentuk di permukaan bumi, seperti benua, negara, gunung, sungai dan bentuk-bentuk lainnya.

4. Membantu peneliti sebelum melakukan survei untuk mengetahui kondisi daerah yang akan diteliti.
5. Menyajikan data tentang potensi suatu wilayah.
6. Alat analisis untuk mendapatkan suatu kesimpulan.
7. Alat untuk menjelaskan rencana-rencana yang diajukan.
8. Alat untuk mempelajari hubungan timbal-balik antara fenomena-fenomena (gejala-gejala) geografi di permukaan bumi.

6.7. Komponen-komponen/Kelengkapan Peta



Gambar 6.6 Peta Rupa Bumi Indonesia

6.7.1. Judul Peta

Judul peta memuat isi peta. Dari judul peta Anda dapat segera mengetahui data dan daerah mana yang tergambar dalam peta tersebut.

Contoh: - peta penyebaran penduduk pulau Jawa.

- peta bentuk muka bumi Asia.
- peta Indonesia.

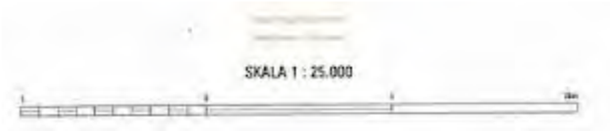
Judul peta merupakan komponen yang sangat penting. Biasanya, sebelum pembaca memperhatikan isi peta, pasti terlebih dahulu judul yang dibacanya. Judul peta hendaknya memuat/mencerminkan informasi yang sesuai dengan isi peta. Selain itu, judul peta jangan sampai menimbulkan penafsiran ganda pada peta. Judul peta biasanya diletakkan di bagian tengah atas peta. Tetapi judul peta dapat juga diletakkan di bagian lain dari peta, asalkan tidak mengganggu kenampakan dari keseluruhan peta.



Gambar 6.7. Judul Peta

6.7.2. Skala Peta

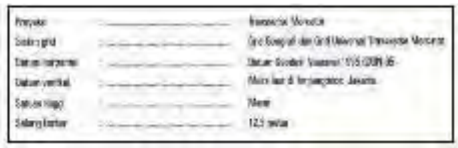
Selain judul Anda juga akan menemukan skala pada peta. Skala merupakan ciri yang membedakan peta dengan gambar lain. Skala peta sangat erat kaitannya dengan data yang disajikan.Bila ingin menyajikan data secara rinci, maka gunakanlah skala besar, (1 : 5.000 sampai 1 : 250.000). Sebaliknya bila ingin menunjukkan data secara umum, gunakanlah skala kecil (1 : 500.000 sampai 1 : 1.000.000 atau lebih). Skala pada peta adalah perbandingan jarak antara dua titik di peta dengan jarak sebenarnya di permukaan bumi. Contoh: skala 1 : 500.000 artinya 1 cm jarak di peta sama dengan 500.000 cm (5Km) jarak sebenarnya di permukaan bumi.



Gambar 6.8 skala Peta

6.7.3 Proyeksi Peta

Untuk menghindari terjadinya kesalahan yang lebih besar, dalam ukuran (luas, jarak) bentuk permukaan bumi pada peta, maka dalam pembuatan peta digunakan proyeksi peta. Proyeksi peta adalah teknik pemindahan bentuk permukaan bumi yang lengkung (bulat) ke bidang datar.



Gambar 6.9 Sistem Proyeksi Peta

6.7.4. Legenda/Keterangan Peta

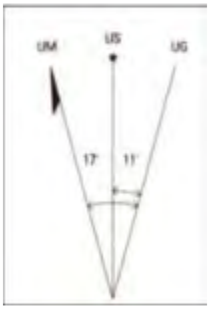
Pada peta yang pernah Anda lihat, adakah legenda/ keterangan petanya? Legenda juga merupakan komponen penting pada peta. Karena peta tanpa legenda.keterangan petanya, sulit untuk dibaca. Jadi agar mudah dibaca dan ditafsirkan, peta harus dilengkapi dengan legenda/ keterangan. Legenda menerangkan arti dari simbol-simbol yang terdapat dalam peta. Legenda biasanya diletakkan di pojok kiri bawah peta. Selain itu legenda peta dapat juga diletakkan pada bagian lain peta, sepanjang tidak mengganggu kenampakan peta secara keseluruhan.



Gambar 6.10 Keterangan Peta

6.7.5. Petunjuk Arah/Tanda Orientasi

Petunjuk arah juga penting artinya pada peta. Gunanya untuk menunjukkan arah Utara, Selatan, Timur dan Barat. Tanda orientasi perlu dicantumkan pada peta untuk menghindari kekeliruan. Petunjuk arah pada peta biasanya berbentuk tanda panah yang menunjuk ke arah Utara. Petunjuk ini diletakkan di bagian mana saja dari peta, asalkan tidak menggnaggu kenampakan peta.



Gambar 6.11. Orientasi Peta

6.7.6. Simbol dan Warna

Agar pembuatan peta dapat dilakukan dengan baik, ada dua hal yang perlu mendapat perhatian, yaitu simbol dan warna. Sebelum dibahas mengenai simbol dan warna pada peta ini, silahkan Anda perhatikan skema di bawah ini.



- **Simbol Peta**

  Pada peta, Anda juga akan melihat simbol-simbol, gunanya agar informasi yang disampaikan tidak membingungkan. Simbol-simbol dalam peta harus memenuhi syarat, sehingga dapat menginformasikan hal-hal yang digambarkan dengan tepat. Syarat-syarat tersebut adalah: sederhana, mudah dimengerti dan bersifat umum (seperti disepakati oleh para kartografer). Contoh : Gunung berapi di simbolkan dengan segitiga warna merah



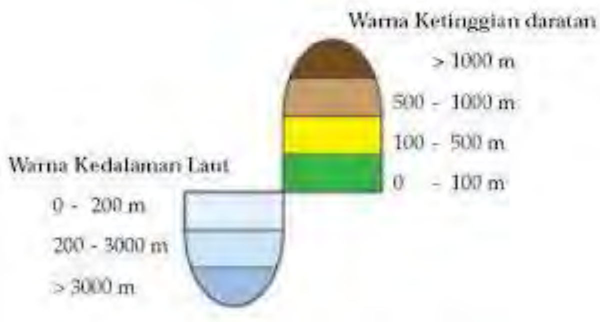
Gambar 6.12 Contoh Penggunaan symbol dalam peta

- **Simbol warna**

  Penggunaan warna pada peta harus sesuai maksud/tujuan si pembuat peta dan kebiasaan umum.

  Contoh: - laut, danau digunakan warna biru.
  - temperatur (suhu) digunakan warna merah atau coklat.
  - curah hujan digunakan warna biru atau hijau.
  - dataran rendah (pantai) ketinggian 0 sampai 200 meter dari permukaan laut digunakan warna hijau.
  - daerah pegunungan tinggi/dataran tinggi (2000 sampai 3000 meter) digunakan warna coklat tua.

  Warna berdasarkan sifatnya, ada dua macam yaitu warna bersifat kualitatif dan bersifat kuantitatif.



Gambar 6.13 Contoh pemakaian warna dalam peta

6.7.8. Sumber dan Tahun Pembuatan Peta

Bila Anda membaca peta, perhatikan sumbernya. Sumber memberi kepastian kepada pembaca peta, bahwa peta tersebut bukan hasil rekaan dan dapat dipercaya. Selain sumber, perhatikan juga tahun pembuatannya. Pembaca peta dapat mengetahui bahwa peta itu masih cocok atau tidak untuk digunakan pada masa sekarang atau sudah kadaluarsa karena sudah terlalu lama.

6.8. Membaca Peta

Dalam membaca peta, Anda harus memahami dengan baik semua simbol atau informasi yang ada pada peta. Kalau Anda dapat membaca peta dengan baik dan benar, maka Anda akan memiliki gambaran mengenai keadaan wilayah yang ada dalam peta, walaupun belum pernah melihat atau mengenal medan (muka bumi) yang bersangkutan secara langsung.

Beberapa hal yang dapat diketahui dalam membaca peta antara lain:

1. Isi peta dan tempat yang digambarkan, melalui judul.
2. Lokasi daerah, melalui letak garis lintang dan garis bujur.
3. Arah, melalui petunjuk arah (orientasi).
4. Jarak atau luas suatu tempat di lapangan, melalui skala peta.
5. Ketinggian tempat, melalui titik trianggulasi (ketinggian) atau melalui garis kontur.
6. Kemiringan lereng, melalui garis kontur dan jarak antara garis kontur yang berdekatan.

7. Sumber daya alam, melalui keterangan (legenda).
8. Kenampakan alam, misalnya relief, pegunungan/gunung, lembah/sungai, jaringan lalu lintas, persebaran kota. Kenampakan alam ini dapat diketahui melalui simbol-simbol peta dan keterangan peta.

Selanjutnya kita dapat menafsirkan peta yang kita baca, antara lain sebagai berikut:

1. Peta yang banyak gunung/pegunungan dan lembah/sungai, menunjukkan bahwa daerah itu berelief kasar.
2. Alur-alur yang lurus, menunjukkan bahwa daerah itu tinggi dan miring. Jika alur sungai berbelok-belok (membentuk meander), menunjukkan daerah itu relatif datar.
3. Pola (bentuk) pemukiman penduduk yang memusat dan melingkar, menunjukkan daerah itu kering (sulit air) tetapi di tempat-tempat tertentu terdapat sumber-sumber air.

Dengan membaca peta Anda akan dapat mengetahui,

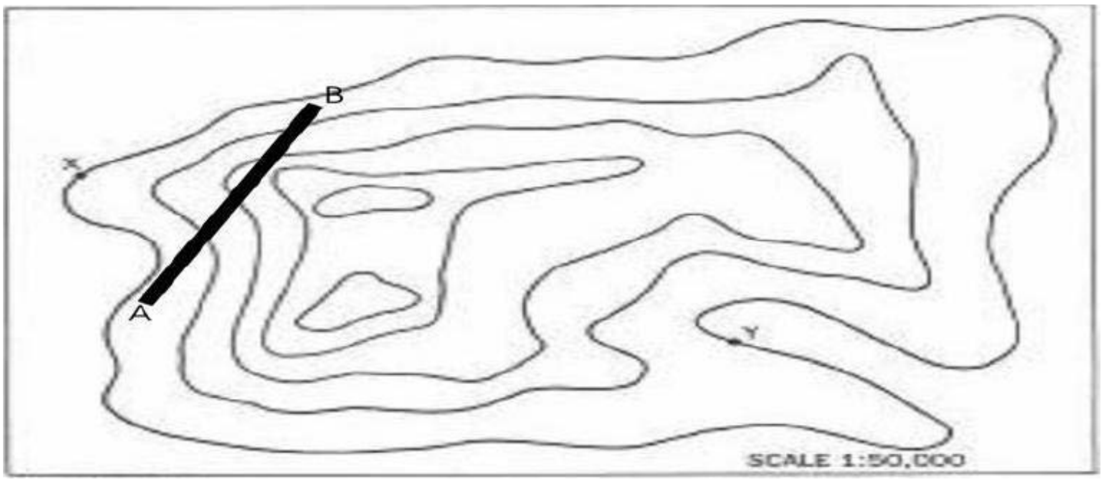
1. Jarak lurus antar kota.
2. Keadaan alam suatu wilayah, misalnya suatu daerah sulit dilalui kendaraan karena daerahnya berawa-rawa.
3. Keadaan topografi (relief) suatu wilayah.
4. Keadaan penduduk suatu wilayah, misalnya kepadatan dan persebarannya.
5. Keadaan sosial budaya penduduk, misalnya mata pencaharian, persebaran sarana kota dan persebaran pemukiman.

6.9. Penggunaan Informasi Peta

Dengan memahami simbol-simbol dalam peta dan ditambah informasi dari tepi peta, maka beberapa informasi yang dapat dikemukakan diantaranya adalah :

a) Jarak

Jarak merupakan garis terpendek antara dua titik. Sebenarnya jarak ini dapat berarti horizontal maupun vertikal, namun bagian ini hanya akan membahas jarak horizontal, sedangkan jarak vertikal akan dibahas pada bagian kontur. Dengan bantuan peta yang diketahui skalanya, jarak antara dua titik di permukaan bumi dapat diperkirakan dengan jalan mengukur panjang jarak dua titik yang dicari jaraknya dengan menggunakan penggaris, kemudian hasilnya dikalikan dengan skala. Contoh :



Gambar 6.14. Penghitungan jarak pada peta kontur

Misalnya jarak A B adalah 5 cm, maka jarak datar di lapangannya adalah :

5 cm X 50.000 = 250.000 cm = 2,5 km

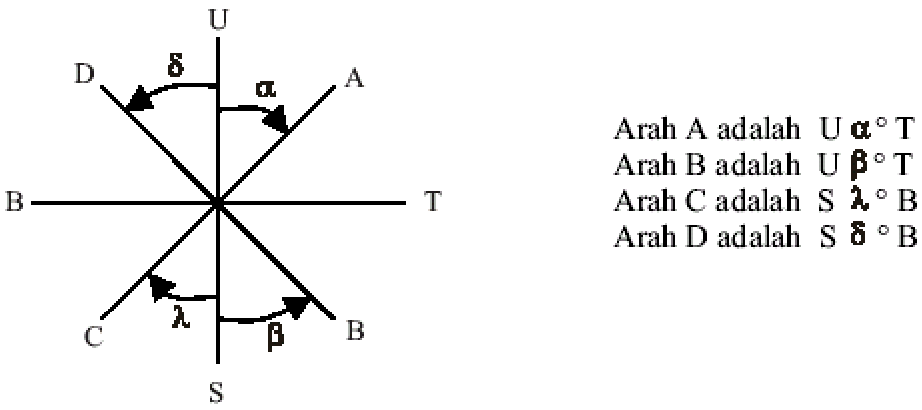
Untuk memperkirakan panjang garis yang tidak teratur, misalnya panjang batas kawasan hutan, panjang sungai, panjang jalan dan panjang garis pantai dapat dilakukan dengan menggunakan curve meter atau planimeter digital. Pengukuran panjang garis dengan menggunakan planimeter digital, dapat langsung menghasilkan angka panjang dengan memasukan nilai skala dari peta yang dikur panjangnya, dan satuan outputnya sudah langsung dapat disesuaikan.

b) Arah

Dengan menggunakan satu titik tertentu (yang sudah kita ketahui letaknya) kita dapat menentukan arah titik lain.

(1) **Sudut arah** (*bearing)*

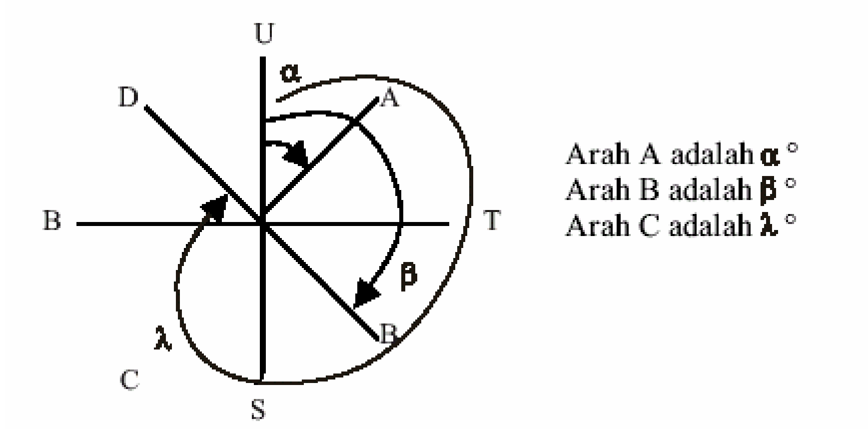
Sudut arah diukur dengan garis pangkal utara atau selatan terhadap arah timur atau barat, dengan nilai sudut antara 0º – 90º



Gambar 6.15. Sudut arah

(2) **Azimuth**

Arah diukur mulai dari utara searah jarum jam, dengan besar sudut antar 0° - 360°

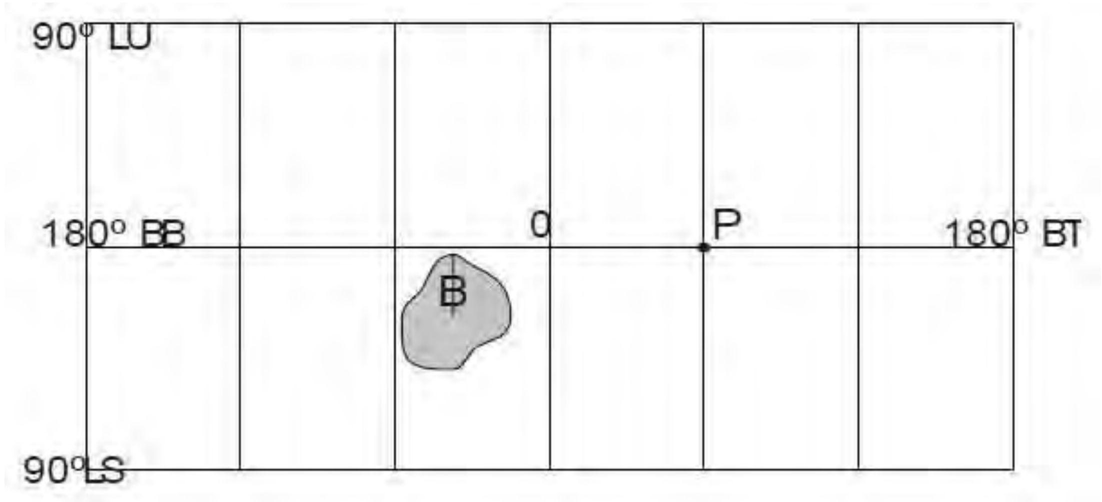


Gambar 6.16. Azhimuth

c) Letak

Penentuan suatu titik, letak atau posisi suatu objek di peta dapat didasarkan atas beberapa cara, yaitu :

(1) **Berdasarkan koordinat geografis** (lintang dan bujur).



Gambar 6.17. Koordinat geografis

Peta-peta standar selalu dilengkapi dengan koordinat geografis (lintang dan bujur). Informasi lintang dan bujur ini termasuk kedalam informasi tepi peta. Pada peta koordinat ini umumnya di tuliskan di bagian luar bingkai peta. Memperhatikan contoh gambar di atas, maka titik P dapat diketahui bahwa titik P berada di garis khatulistiwa (lintang 0º) dan 60º Bujur Timur. Sedangkan untuk menentukan letak suatu areal B, maka dilakukan dengan menggunakan garis lintang teratas dan terbawah serta garis bujur terkiri dan terkanan dari areal tersebut, yaitu :

Pada 5º LS - 45º LS dan 10ºBB - 60ºBB.

Untuk menghitung letak titik yang berada tidak tepat garis lintang dan bujur, maka

langkah yang dilakukan adalah:

- Lihat selisih nilai dua garis lintang atau bujur yang bersebelahan **(misal S)**
- Ukur jarak antar dua garis lintang atau bujur tersebut (**misalnya d)**
- Ukur jarak objek dari lintang atau bujur yang bernilai lebih rendah **(misalnya d1)**
- Maka letak titik tersebut dapat dicari sebagai berikut :

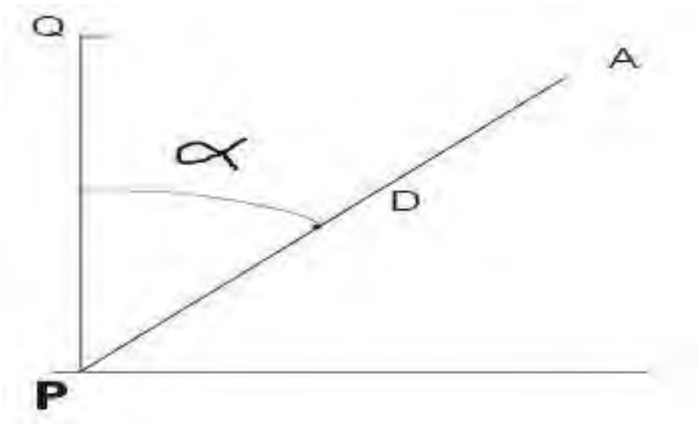
  Letak lintang atau bujur = d1/d X S

  Catatan :

  1º = 60"   1" = 60^0

(2) **Berdasarkan jarak dan arah**

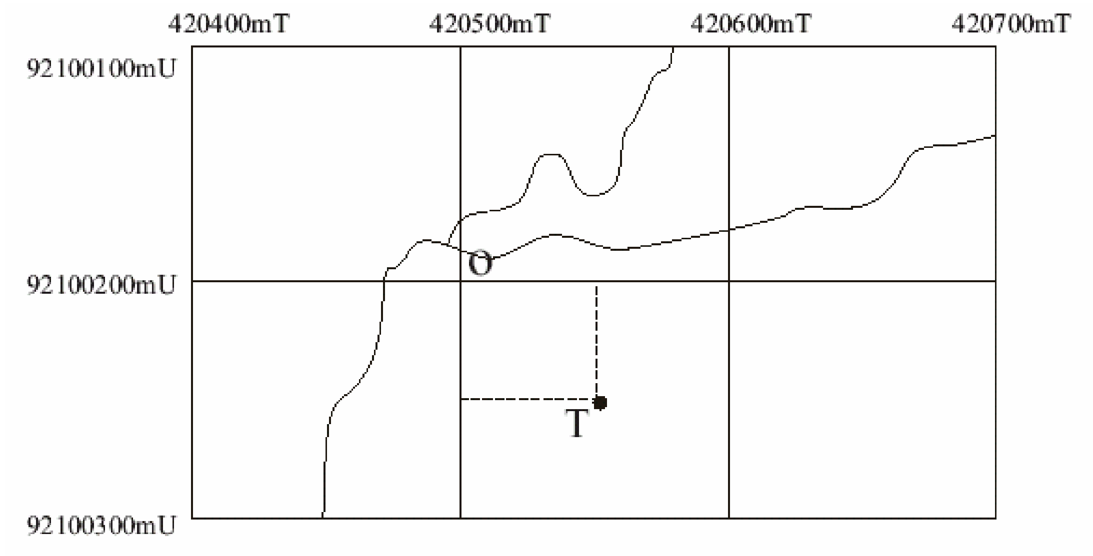
Menentukan letak titik dengan cara ini, dilakukan dengan menggunakan suatu titik yang tentu (P) dan dengan garis lurus yang tentu pula (PQ), maka letak suatu titik (A) tersebut ditentukan dengan jarak titik itu dari titik yang tentu tadi (P) dan dengan sudut yang dibuat oleh PA dan PQ (sudut α). Sudut α adalah sudut jurusan yang dimulai dari arah Utara dan berputar dengan jalannya jarum jam, sehingga sudut jurusan yang bersangkutan dapat mempunyai semua harga dari 0º - 360º. Notasi untuk menyatakan letak titik tersebut dinyatakan dengan A (d,α).



Gambar 6.18. Kordinat titik dengan menggunakan arah dan jarak

(3) **Berdasarkan jarak dan jarak**

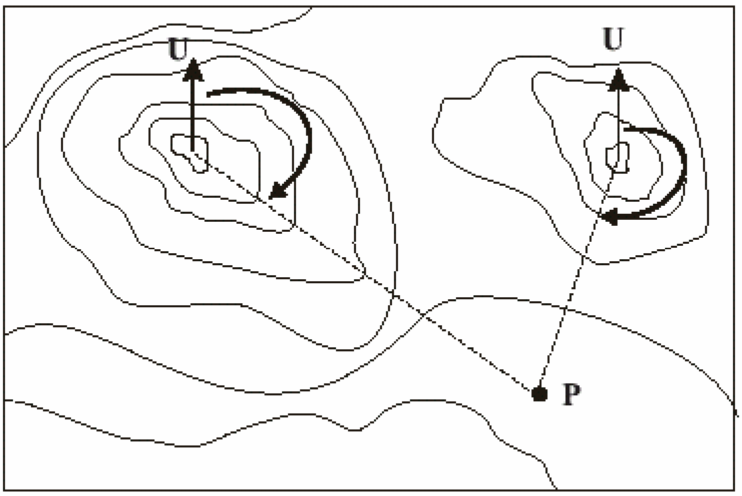
Lokasi suatu titik ditentukan berdasarkan jarak dan jarak dari titik tertentu yang dianggap titik **O** (0,0). Penentuan lokasi dengan jarak dan jarak, ini lebih mudah jika dilakukan pada peta topografi dengan sistem proyeksi UTM. Pada titik tertentu **O** tersebut seolah merupakan perpotongan dari dua garis yang saling tegak lurus. Garis yang mendatar dinamakan absis atau sumbu X dan garis yang tegak lurus dinamakan ordinat atau sumbu Y, sedangkan titik O yang merupakan titik porong dua sumbu dinamakan titik asal **O.** Berdasarkan gambar di bawah ini, maka letak titik **T** adalah (500m,500m) dari titik **O.**



Gambar 6.19. Kordinat titik dengan menggunakan jarak dan jarak

(4) **Berdasarkan arah dan arah**

Dasar penentuan letak lokasi suatu titik adalah dengan mengikatkan titik tersebut kepada dua buah titik lain yang sudah diketahui letaknya, misalnya titik P pada gambar di bawah ini ditentukan berdasarkan dua puncak bukit dengan mengukur azimuth titik P dengan kedua puncak bukit tersebut.



Gambar 6.20. Koordinat titik menggunakan arah dan arah

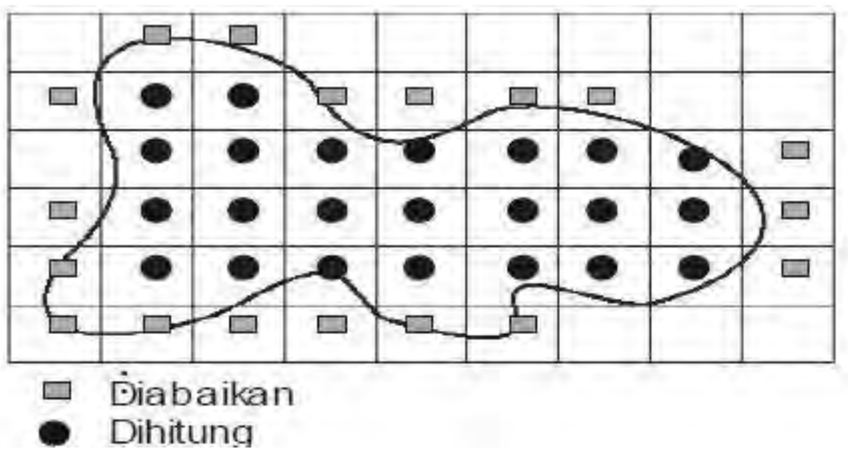
(5) **Berdasarkan garis kontur**

Untuk beberapa kepentingan, seringkali kita membutuhkan letak suatu titik dari permukaan laut. Dengan peta topografi yang dilengkapi dengan garis

kontur, maka tinggi titik tersebut dapat diperkirakan dengan bantuan garis kontur tersebut.

d) Luas

Suatu kawasan dalam peta digambarkan dalam bentuk polygon. Pada umumnya kawasan-kawasan tersebut berbentuk tidak teratur, sehingga untuk menentukan luasan kawasan tersebut diperlukan pendekatan-pendekatan tertentu. Cara yang paling umum dan mudah dilakukan adalah dengan grid, yaitu dengan bantuan kotak-kotak bujur sangkar. Untuk melaksanakan pengukuran ini bisa dilakukan dengan cara membuat kotak-kotak bujur sangkar pada lembaran peta atau dengan bantuan kertas milimeter blok transfaran yang dioverlay di atas peta tersebut.



Gambar 6. 21. Menghitung luas dengan menggunakan kotak bujur sangkar

Dari overlay tersebut kemudian dihitung bujur sangkar yang utuh di dalam areal polygon. Bujur sangkar yang tidak utuh apabila kurang dari setengah kotak diabaikan dan apabila lebih dari setengah kotak dihitung 1 kotak. Jumlah kotak yang diperoleh, misal N, maka

Luas kawasan tersebut = N X 1 cm2 X penyebut sekala

Disarankan untuk menggunakan kertas milimeter transparan, karena didalamnya terdapat kotak-kotak 1 mm2 , sehingga sangat membantu dalam memutuskan kotak yang tidak penuh untuk dihitung atau tidak, disamping mempercepat penghitungan (tidak perlu menggaris).

Cara yang paling cepat dan mudah adalah dengan bantuan planimeter, yaitu alat yang digunakan untuk mengukur luasan polygon yang tidak teratur pada bidang datar. Terdapat dua macam planimeter, yaitu manual dan digital. Pengukuran luas dengan planimeter digital memungkinkan untuk dilakukan pilihan dalam beberapa satuan, seperti m2, ha, dll.

e) Ketinggian dan Kemiringan Lereng

Ketinggian pada peta pada umumnya direpresentasikan oleh titik tinggi dan kontur, sedangkan kemiringan lereng merupakan representasi dari perbedaan tinggi dan jarak antara dua titik.

(1) **Ketinggian (*altitude*)**

Perubahan besar dalam komposisi jenis terjadi bersamaan dengan adanya peralihan dari habitat dataran rendah ke habitat pegunungan. Semakin tinggi letaknya, komposisi jenis dan struktur hutan berubah menjadi terbatas. Demikian juga halnya pengaruh perubahan terhadap suhu udara dimana setiap kenaikan 100 meter mengakibatkan penurunan suhu 1 ºC. Demikian besarnya pengaruh ketinggian suatu kawasan, maka ketinggian merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk diketahui.

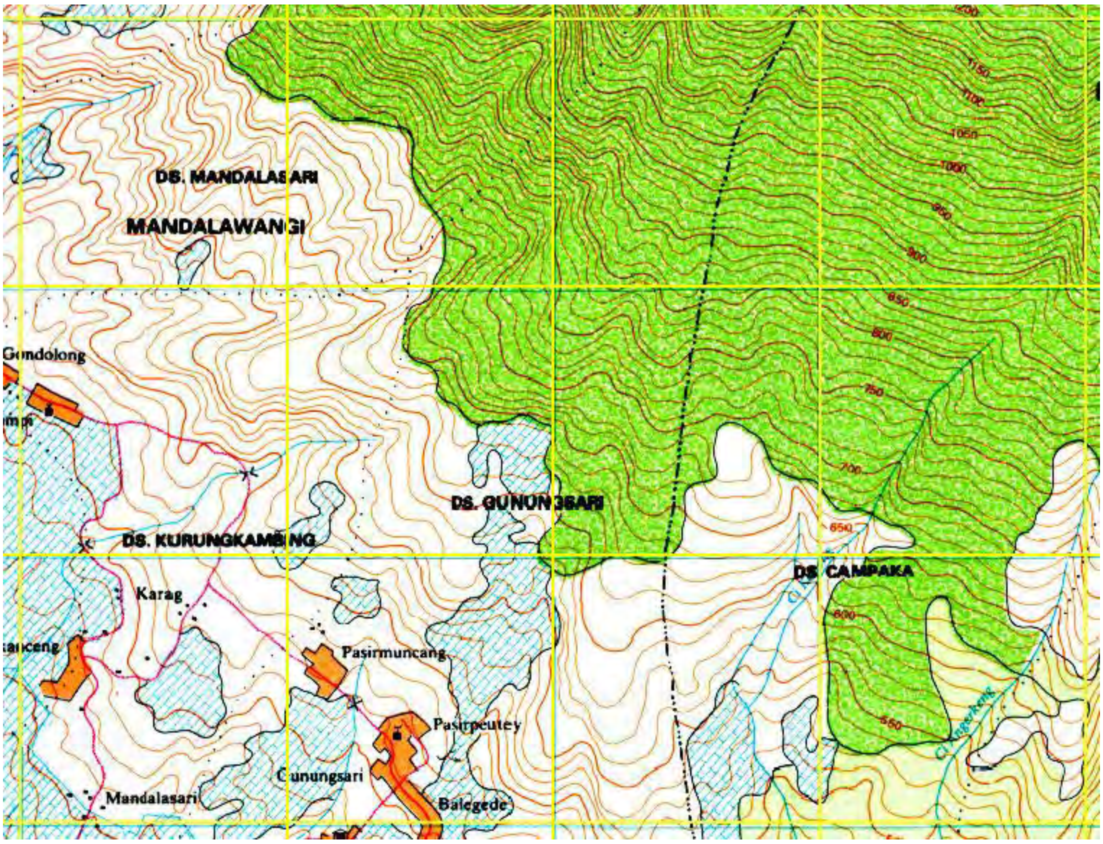
⊙ 537	Angka 537 menunjukan tinggi titik tersebut
ΔP *140* / 100	Angka miring menunjukan nomor titik dan angka tegak menunjukan ketinggian

Pada peta setidaknya terdapat beberapa simbol yang dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi suatu tempat, yaitu titik tinggi, titik trianggulasi dan kontur.

(2) **Kontur**

Garis kontur adalah garis dalam peta yang meghubungkan ketinggian yang sama. Garis-garis ini biasanya digambarkan dengan menghubungkan ketinggian yang diketahui di lapangan, yang disebut titik tinggi (*Spot heights).*

Perbedaan tinggi diantara garis kontur disebut interval kontur (*Interval contour)* yang nilainya tetap untuk peta yang berbeda. Dalam peta, interval kontur umumnya dinyatakan dalam meter namun ada juga dalam feet.

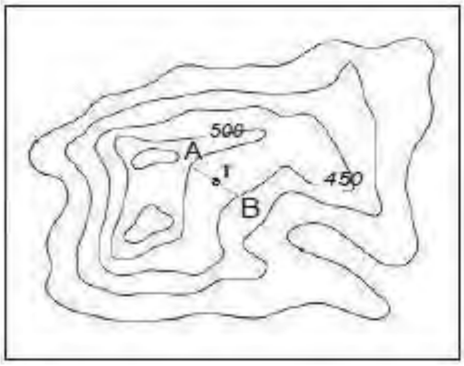


Gambar 6. 22. Garis kontur dalam peta

Kontur dapat menggambarkan :

(a) **Tinggi titik dari permukaan laut**.

Untuk mengetahui tinggi titik A dan B dapat langsung dilihat dari angka yang tertulis pada garis kontur yang melalui titik A atau B. Namun untuk menghitung titik T yang tidak dilalui garis kontur, maka perlu dilakukan interpolasi dari nilai titik kontur yang terdekat dengan cara:



Gambar 6.22. Contoh mencari tinggi titik dengan kontur

- Pertama-tama dibuat garis terpendek yang melalui titik T antara dua kontur terdekat (garis ATB).
- Ukur panjang garis AT (d1) dan panjang garis BT (d2)
- Tinggi A = 500 m (lihat garis kontur)
- Tinggi B = 450 m (lihat garis kontur)
- Beda tinggi AB = tinggi A – Tinggi B = 500 m – 450 m = 50 m
- Tinggi titik R = 50 m + (d2/d1+d2) 50

(b) **Indikasi relief permukaan bumi**

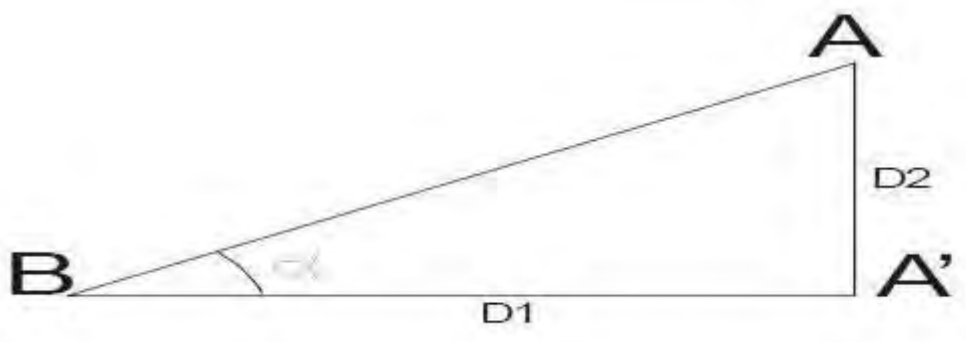
- Lembah ditunjukan oleh lekukan kontur yang mengarah pada altitude yang lebih tinggi (bentuk V)
- Punggungan ditunjukan oleh lekukan kontur yang mengarah pada altitude yang lebih rendah (bentuk U)

(c) **Bentuk lahan dan drainase**

- **Kemiringan**

  Kemiringan lereng dinyatakan dengan sudut α yang dapat dihitung dengan membandingkan jarak vertikal dengan jarak horizontal.

  Sudut α = arctan AA" / AB



Gambar 6.23 . Perhitungan sudut miring lahan

Dengan melihat kasus pada pencarian titik tinggi di atas, maka kemiringan lereng AB dapat dihitung sebagai berikut:

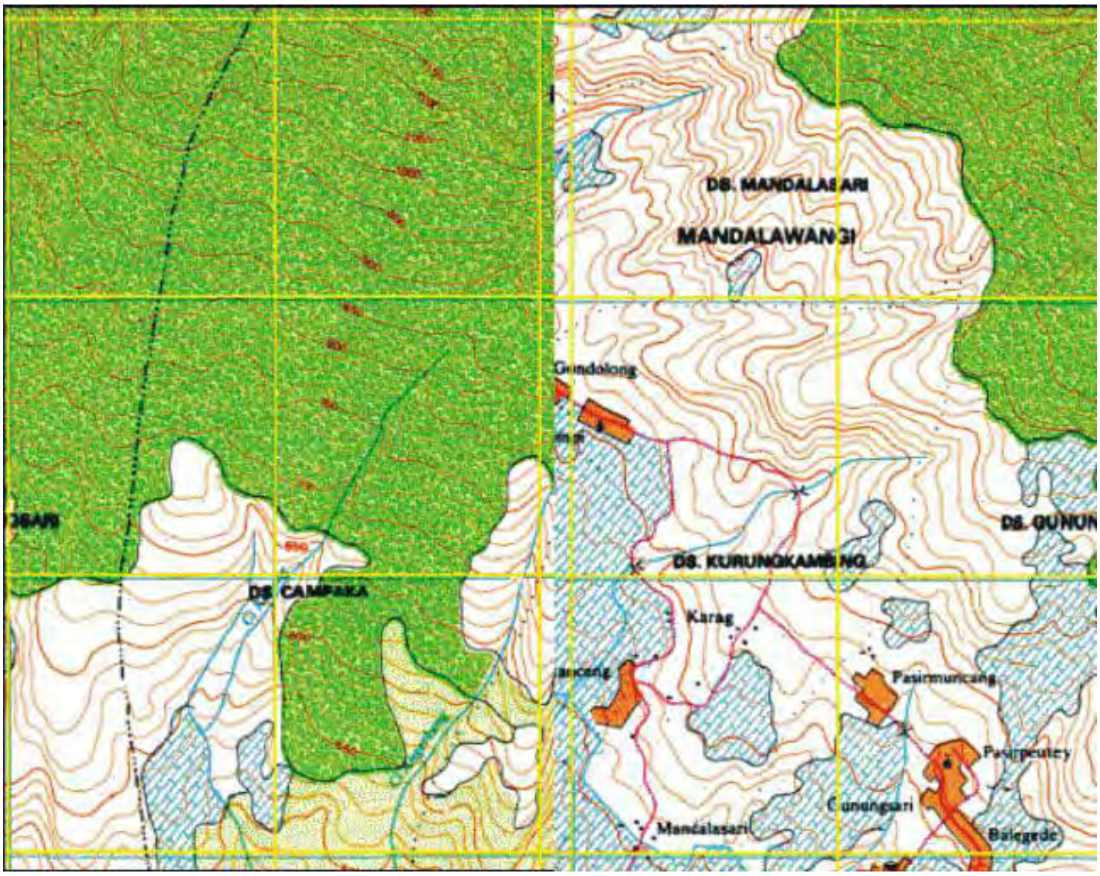
Kemiringan lereng AB = arctan (beda tinggi AB/ panjang jarak AB)

f) Kondisi Kawasan

Bagi para surveyor maupun peneliti sebelum melakukan pengambilan data ke lokasi, sangatlah penting untuk mencari dan mengumpulkan data awal lokasi target sebanyak mungkin namun tetap terkait dengan tujuan survey ataupun penelitian. Selain informasi dasar seperti sungai, jalan kontur, perkampungan, titik tinggi dan lain-lain, peta juga menyajikan informasi pokok sesuai dengan thema dan keperluannya. Peta-peta tema menyajikan berbagai informasi seperti peta tanah, peta iklim, peta hidrologi, penutupan vegetasi, perkembangan tata batas, lokasi-lokasi perambahan, *illegal logging*, pertambangan, penggunaan kawasan, type ekosistem, status pengelolaan dan lain sebagainya. Informasi yang dapat disajikan dalam setiap peta tema sangat terbatas, sehingga informasi sebagaimana disebutkan di atas terekam pada beberapa lembar peta. Untuk menghimpun berbagai informasi yang dibutuhkan tersebut biasanya dilakakukan teknik overlay. Dengan teknik sederhana ini berbagai data dari beberapa peta dapat disatukan dan dianalisa sesuai dengan kepentingannya. Dengan menghimpun berbagai informasi tersebut seorang surveyor atau peneliti akan dapat membayangkan kondisi kawasan. Namun demikian dalam menggunakan informasi peta sangat penting untuk memperhatikan pembuat dan waktu pembuatan, agar informasi yang digunakan benar-benar valid dan dapat dipertanggung jawabkan.

Meletakan Lokasi Objek di Dalam Peta ke Lapangan

Dalam setiap survey maupun penelitian lapangan, setiap pelaksanan biasanya telah membuat rencana dimana lokasi survey dan penelitian yang dituangkan dalam peta kerja. Berikut contoh untuk meletakan petak contoh ABCD di lapangan.



Gambar 39. Peta kerja peletakan petak contoh

Untuk mencapai efisiensi dan efektivitas dan ketepatan hasil, maka pelaksanaan pekerjaan perlu dirancang, baik untuk pekerjaan kantor maupun lapangan, khusunya ukuran, bentuk, jumlah dan persebaran petak contoh. Beberapa hal yang harus dilakukan diantaranya adalah:

a) Persiapan

Persiapan merupakan pekerjaan yang dilakukan di kantor, yang meliputi :

(1) **Persiapan adminitrasi pelaksanaan**

Persiapan administrasi meliputi administrasi keuangan dan kelengkapan surat menyurat (surat perintah tugas, surat pengantar dan lain-lain) serta persiapan tally sheet yang akan digunakan di lapangan.

(2) **Pembuatan peta kerja**

Peta kerja dibuat dalam peta dengan skala besar. Letak petak contoh harus diikatkan ke satu titik ikat. Titik ikat (reference point) adalah titik dan atau titik-titik yang diketahui posisi dan atau ketinggiannya dan digunakan sebagai rujukan atau pengikatan untuk penentuan posisi titik yang lainnya. Titik-titik yang biasa digunakan sebagai ikatan adalah titik-titik pasti di lapangan, seperti titik triangulasi, titik kontrol GPS dan apabila tidak dijumpai dapat dilakukan dengan menentukan titik yang mudah ditemukan dilapangan dan relatif tidak banyak berubah dan tergambar di peta (*titik markant),* seperti pertigaan sungai, dan jembatan. Peta kerja juga dilengkapi dengan daftar trayek yang akan diukur. Berikut contoh trayek berdasarkan peta contoh diatas pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar trayek peletakan petak contoh

No	Trayek	Azimuth	Jarak	Keterangan
1	A" - A	α^o	d1	Titik A adalah pertigaan sungai A dan sungai B
2	A – B	0^0	d2	
3	B – C	90^0	d3	
4	C – D	180^0	d4	
5	D - A	270^0	d5	

(3) **Pembuatan prosedur pelaksanaan**

Prosedur pelaksanaan memuat rincian kegiatan mulai dari penyelesaian adminitrasi, sampai pada tahap-tahap pelaksanaan kegiatan di lapangan.

(4) **Prosedur dan petunjuk transportasi**

Letak petak contoh di kawasan konservasi umumnya ada pada wilayah yang sangat *remote*, dan aksesibilitasnya rendah, sehingga transportasi umumnya menggunakan carter atau sewa. Apabila pengaturan transportasi tidak direncanakan dengan hati-hati akan berakibat pada tinggi biaya transportasi. Pengaturan transportasi meliputi :

- Penentuan titik yang akan dituju, baik titik awal maupun titik-titik penjemputan
- Penentuan waktu antar
- Penentuan tempat dan waktu jemput
- Jenis-jenis angkutan yang digunakan.
- nformasi tempat-tempat sewa kendaraan
- Perkiraan biaya.

(5) **Penyusunan organisasi lapangan**

Pekerjaan yang akan dilakukan oleh tim di lapangan, diantaranya adalah:

- koordinasi (melapor, visum, mencari tenaga kerja dan lain-lain)
- pembuatan rintisan

  Pembuatan rintisan diperlukan untuk memudahkan tim bergerak dan melakukan pengukuran. Untuk tenaga pembuatan rintisan, apabila hanya untuk keperluan membuka jalan cukup 2-3 orang saja. Tenaga pembuat rintisan biasanya sekaligus sebagai bagian dari tim yang mengukur jarak, karena posisinya yang dimuka, maka tenaga pembuatan rintisan sekaligus memegang ujung depan dari tali ukur.
- pengukuran besaran jarak, azimuth dan kemiringan Panjang jarak diukur dengan tali ukur. Satu ujung tali dipegang oleh pembuatan rintisan atau ketua tim dan ujung lainnya di bagian belakang dipegang oleh seorang anggota tim. Arah atau arah dan kemiringan diukur oleh

ketua tim, yang bertugas mengarahkan tenaga pembuat rintisan dan sekaligus melakukan pencatatan. Mengingat jarak yang diukur adalah jarak lapangan, maka ketua tim diharuskan selalu mencatat hasil ukuran dan mengkonversinya ke dalam jarak, sehingga jarak datarnya dapat selalu dimonitor.

- pencatatan

  Pencatatan hasil ukuran biasanya dilakukan oleh ketua tim, tetapi memungkinkan untuk dilakukan oleh anggota tim yang lain.

Dalam pengukuran yang dilakukan lebih dari satu hari dan tidak memungkinkan untuk selalu kembali ke camp (camp berjalan), biasanya dalam tim terdapat tenaga yang khusus untuk membawa logistik. Berdasarkan jenis pekerjaan yang dilakukan oleh tim, maka dapat disusun organisasi yang dibutuhkan, yaitu :

(a) Ketua tim : 1 orang

(b) Pencatat/pengukur arah : 1 orang (bisa dirangkap ketua tim)

(c) Anggota :

- tenaga rintis : 2 - 3 orang
- tenaga ukur jarak : 1 orang
- tenaga logistik : 2 - 3 orang
- jadi tenaga ukurnya : 5 - 6 orang, atau 7 - 9 orang apabila menggunakan camp berjalan.

(6) **Peralatan**

Peletakan petak contoh ini dilakukan melalui kegiatan pengkuran di lapangan. Besaran yang akan diukur di lapangan meliputi, jarak, arah (azimuth), dan kemiringan, namun mengingat pekerjaan ini tidak memerlukan ketelitian tinggi, sehingga alat yang dibutuhkan adalah :

- Alat ukur jarak, seperti tali ukur atau meteran
- kompas
- clinometers
- GPS
- Alat tulis dan Penggaris
- alat pembuka jalan (membuat rintisan), seperti parang dan kampak.

(7) **Perlengkapan pendukung**

Pada lokasi survey yang remote dengan aksesibilitas rendah, kesiapan dukungan logistik dan peralatan sangat menentukan keberhasilan pelaksanaan survei. Tenda, bahan makanan, alat penerangan, dan peralatan kesehatan, merupakan peralatan pendukung yang harus dipersiapkan oleh tim.

b) Pelaksanaan

(1) Pengukuran

- Kegiatan pengukuran diawali dengan mencari titik ikat di lapangan. Untuk mempercepat pencarian titik ini, sebaiknya menggunakan tenaga kerja lokal yang benar-benar yang mengetahui lokasi.
- Pengukuran dimulai dari titk ikat (titik A") ini menuju salah satu titik dari petak contoh (misal titik A. Arah dan jarak mengikuti daftar trayek yang telah dibuat.
- Dari titik A ini diteruskan dengan pengukuran ketitik-titik selanjutnya sesuai dengan daftar trayek.

(2) Pencatatan

Setiap hasil pengukuran di catat dan langsung dikonversi kedalam jarak datar, sehingga tujuan akan segera diketahui.

c) Pelaporan

Laporan hasil pengukuran disamping melaporkan pelaksanaan kegiatan juga harus dilampiri peta hasil pengukuran.

C.8 Memetakan Objek di Lapangan ke Dalam Peta

Dalam suatu kegiatan penjelajahan seringkali dijumpai objek-objek yang penting untuk diinformasikan posisi atau letaknya, seperti fenomena alam yang khas atau lokasi yang alternatif untuk pembuatan PLT mikrohidro. Sesungguhnya dengan teknologi yang telah berkembang sekarang tidaklah sulit menentukan letak lokasi-lokasi tersebut di permukaan bumi. Mempergunakan GPS (*Global Positioning Systen*), maka letak suatu titik dipermukaan bumi dapat langsung diketahui. Namun GPS tidak selalu

dimiliki oleh setiap orang, bahkan oleh seorang surveyor dan peneliti. Pada kondisi dimana kita harus memasukan lokasi tersebut ke dalam peta, maka beberapa langkah yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

- Catat wilayah adminitrasi kawasan tersebut, misalnya nama desa, kecamatan, kabupaten dan propinsi
- Catat nama anak sungai dan sungai di wilayah tersebut
- Catat nama gunung atau phenomena alam khas lainnya
- Catat kondisi spesifik areal sekitar, seperti tebing, jurang, pohon beringin besar dan lain-lain
- Lakukan pengikatan ke belakang terhadap titik-titik pasti atau titik marking yang terdapat didekat lokasi temuan.

7 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh

Pengertian

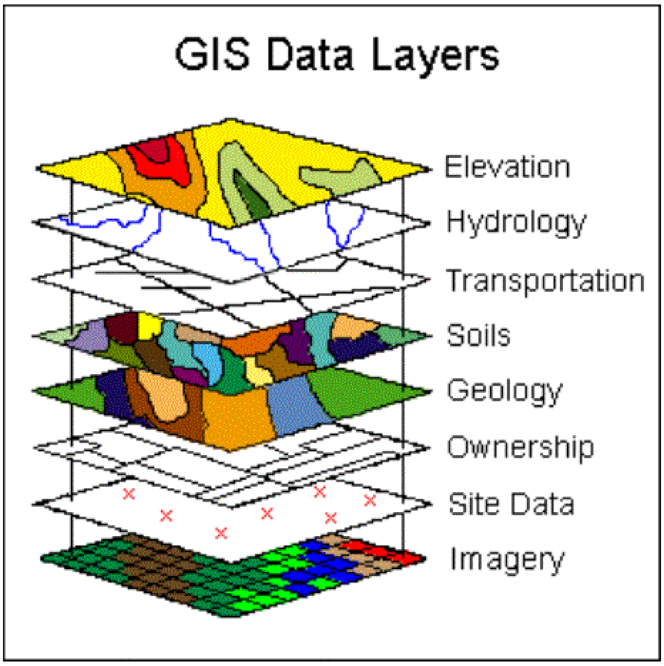
Pada awalnya data geografis hanya disajikan di atas peta dengan menggunakan simbol, garis dan warna. Elemen-elemen geometris ini dideskripsikan di dalam legendanya misalnya, garis hitam tebal untuk jalan utama, garis hitam tipis untuk jalan sekunder. Selain itu, berbagai data juga dapat dioverlaykan berdasarkan sistem koordinat yang sama. Akibatnya sebuah peta menjadi media yang efektif baik sebagai alat presentasi maupun sebagai bank tempat penyimpanan data geografis. Tetapi media peta masih mengandung kelemahan atau keterbatasan. Informasi-informasi yang tersimpan, diproses dan dipresentasikan dengan suatu cara tertentu dan biasanya untuk tujuan tertentu pula. Tidak mudah untuk merubah bentuk presentasi dari suatu peta.

Sebuah peta selalu menyediakan gambar atau simbol unsur geografi dengan bentuk yang tetap atau statik meskipun diperlukan untuk berbagai kebutuhan yang berbeda. Peta juga merupakan asset publik yang sangat berharga. Survey-survey pemetaan yang telah dilakukan di berbagai negara telah mengindikasikan bahwa jumlah keuntungan dari penggunaan peta akan meningkat hingga beberapa kali lipat biaya produksi peta itu sendiri.

Dengan semakin bertambahnya waktu biasanya akan terjadi penurunan dari kualitas peta tersebut sehingga kemungkinan kerusakan peta-peta tersebut akan terjadi dengan semakin lamanya disimpan. Dengan adanya SIG penyimpanan peta akan lebih aman dan SIG mampu menyimpan beratus bahkan beribu peta dalam satu komputer atau media penyimpanan lainnya

dan SIG mampu mempresentasikan peta dalam berbagai cara dan bentuk serta mampu mereproduksi dan mengupdate peta secara cepat.

Definisi SIG selalu berkembang, bertambah dan bervariasi. Hal ini terlihat dari banyaknya definisi SIG yang telah beredar. Selain itu SIG juga merupakan suatu bidang kajian ilmu dan teknologi yang relatif baru, digunakan oleh berbagai bidang disiplin ilmu dan berkebang dengan cepat. Istilah sistem informasi geografis memiliki tiga unsur pokok: sistem, informasi dan geografis. SIG merupakan salah satu sistem informasi yang menekankan pada unsur informasi geografis. Sistem merupakan sekumpulan objek,ide, berikut interelasinya dalam mencapai tujuan atau sasaran bersama. Sistem digunakan untuk mendeskripsikan banyak hal, khususnya untuk aktivitas-aktivitas yang diperlukan pada pemrosesan data**.** Pengertian informasi geografis adalah informasi mengenai tempat-tempat yang terletak di permukaan bumi, pengetahuan mengenai posisi dimana suatu obyek terletak di permukaan bumi dan informasi mengenai keterangan-keterangan (atribut) yang terdapat di permukaan bumi yang posisinya diketahui.

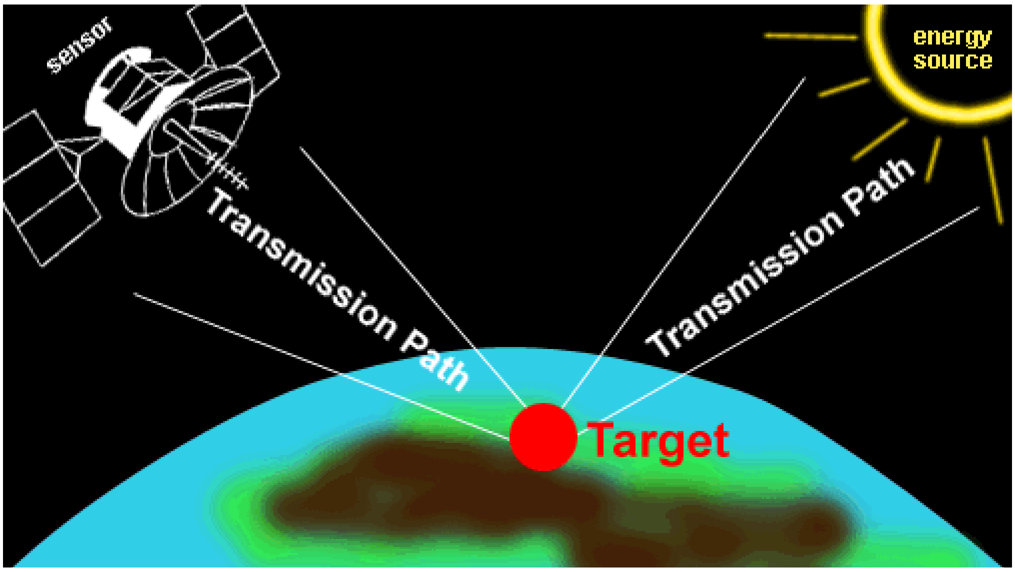


Gambar 7.1. Contoh kemampuan SIG dalam mengintegrasikan banyak data

Sistem informasi geografis merupakan suatu sistem berbasis komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menggabungkan, mengatur, mentranformasi, memanipulasi dan menganalisis data-data geografis. Secara lebih khusus, SIG adalah satu sistem yang powerful yang terdiri dari perangkat keras komputer, perangkat lunak dan prosedur-prosedur yang ditujukan untuk mengumpulkan, menyimpan, memanggil, mentransfer, manipulasi, analisis dan menampilkan data spasial dari permukaan bumi
yang bereferensi geografi, untuk tujuan memecahkan masalah perencanaan dan pengelolaan dari yang sederhana sampai yang rumit. SIG sangat membantu pekerjaan-pekerjaan yang erat kaitannya dengan bidang-bidang spasial dan geoinformasi. Dewasa ini hamper semua disiplin ilmu, terutama yang berkaitan dengan informasi spasial, menggunakan SIG atau format-format yang kompatible dengan SIG sebagai alat analisis dan representasi yang menarik.

Remote Sensing, padanan bahasa Indonesia-nya penginderaan jauh (*remote* = jauh, *sensing* = indera), dapat didefinisikan sebagai ilmu dan seni untuk mendapatkan informasi tentang suatu obyek, wilayah atau fenomena dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat (sensor yang dipasang pada wahana) tanpa kontak langsung terhadap obyek, wilayah atau fenomena yang diamati/dikaji. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan beberapa definisi berikut ini :

1. Penginderaan jauh adalah ilmu atau seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah atau gejala, dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat, tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau gejala yang akan dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1990).
2. Penginderaan jauh merupakan upaya untuk memperoleh, mengidentifikasi dan menganalisis objek dengan sensor pada posisi pengamatan daerah kajian (Avery, 1985).
3. Penginderaan jauh merupakan teknik yang dikembangkan untuk memperoleh dan menganalisis informasi tentang bumi. Informasi itu berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi (Lindgren, 1985).



Gambar 7.2. Komponen Remote sensing (Inderaja)

Sistem informasi geografis merupakan sistem yang dapat mendukung pengambilan keputusan spasial dan mampu mengintegrasikan deskripsi-deskripsi lokasi dengan karakteristik-karakteristik fenomena yang ditemukan di lokasi tersebut. Berdasarkan beberapa definisi yang beredar saat ini, SIG dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem berikut:

1. **Subsistem Masukan (*input*):** Subsistem ini mempunyai tugas untuk mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial dan atribut dari berbagai sumber. Subsistem ini pula yang bertanggung jawab dalam mengkonversi atau mentransformasikan format-format data-data aslinya ke dalam format yang dapat digunakan oleh SIG.
2. **Subsistem Keluaran (*output*):** Subsistem ini adalah menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basisdata baik dalam bentuk softcopy maupun bentuk hardcopy sepeti tabel, grafik peta dan lainnya.
3. **Subsistem Manajemen** : pada subsistem ini adalah untuk mengorganisasikan baik data spasial maupun atribut ke dalam sebuah basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil, diupdate dan diedit.
4. **Subsistem Manipulasi & Analisis**: Subsistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu subsistem ini juga

melakukan manipulasi dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.

Komponen SIG

SIG terdiri dari beberapa komponen yang meliputi :

1. Perangkat Keras (*Hardware*): pada saat ini SIG tersedia untuk berbagai platform perangkat keras mulai dari PC dekstop, workstation, hingga multiuser host yang dapat digunakan oleh banyak orang secara bersamaan dalam jaringan komputer yang luas, berkemampuan tinggi, memiliki ruang penyimpanan (harddisk) yang besar, dan mempunyai kapasitas memori yang besar (RAM). Walaupun demikian, fungsionalitas SIG tidak terikat secara ketat terhadap karakteristik fisik perangkat keras ini sehingga keterbatasan memori pada PC-pun dapat diatasi. Adapun perangkat keras yang sering digunakan untuk SIG adalah komputer (PC), mouse, digitizer, printer, plotter dan scanner (pemindai).

2. Perangkat Lunak (Software); SIG juga merupakan sistem perangkat lunak yang tersusun secara modular dimana basis data memegang peranan kunci. Setiap susbsistem diimplementasikan dengan menggunakan perangkat lunak yang terdiri dari beberapa modul, hingga tidak mengherankan jika ada perangkat lunak SIG yang terdiri dari ratusan modul program (.exe) yang masing-masing dapat dieksekusikan sendiri.

3. Data & infromasi geografi; SIG dapat mengumpulkan dan menyimpan data dan informasi yang diperlukan baik secara tidak langsung dengan cara mengimportnya dari perangkat-perangkat lunak SIG yang lain maupun secara langsung dengan cara mendijitasi data spasialnya dari peta dan memasukkan data atributnya dari tabel-tabel dengan menggunakan keyboard.

4. Manajemen dan Metoda: suatu proyek SIG akan berhasil jika dimanage dengan baik dan dikerjakan oleh orang-orang yang memiliki keahlian yang tepat pada semua tingkatan dengan menggunakan metoda yang tepat.

Pendapat lain menyatakan bahwa Sistim Informasi Geografis dilaksanakan melalui tiga komponen utama, yaitu perangkat keras (*hardware*) yang terdiri atas komputer dengan perlengkapan lannya (*peripheral*), perangkat lunak (*software)* yang terdiri atas rangkaian program komputer, serta manusia (*brainware*) yang mengoperasikan sistim tersebut.

Komponen manusia (*brainware)* ini tidak kalah pentingnya dibanding dengan kedua komponen yang lain. *Brainware* ini merupakan pengelola Sistim Informasi Geografis, dan bertindak sebagai pembuat desain, pelaksana dan pengawas *(supervisor)* dalam menyelesaikan problem yang harus diselesaikan melalui Sistim Informasi Geografis. Ini berarti, *brainware* ini harus mempunyai pengetahuan dan pengalaman yang memadai untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berhubungan dengan analisa spatial, pembuatan model dan memahami penggunan fungsi-fungsi analisa Sistim Informasi Geografis .



Gambar 7.3. Komponen SIG

Peta Digital

Peta digital adalah peta yang data grafis, data tekstual dan segala atributnya tersimpan dalam bentuk softcopy (file) pada komputer. Peta ini dihasilkan dari proses digitasi dengan menggunakan meja digitizer ataupun onscreen digitasi dari hasil scan sebuah peta.



Gambar.7.4 Contoh Peta Digital

Dalam pembuatan peta digital ini diperlukan perangkat-perangkat keras seperti komputer beserta kelengkapannya, dan perangkat lunak baik perangkat lunak untuk sekedar membuat peta digital seperti Autocad ataupun perangkat lunak untuk tujuan analisis yang biasa disebut sistem informasi geografis seperti ArcView, Mapinfo, Geomedia dll. Jenis peta ini mulai dikembangkan pada era 80-an sejalan dengan berkembangnya teknologi komputer dan perangkat lunak untuk penggambaran dengan bantuan komputer (*Computer Assisted Drawing*/CAD) serta perangkat lunak SIG itu sendiri.

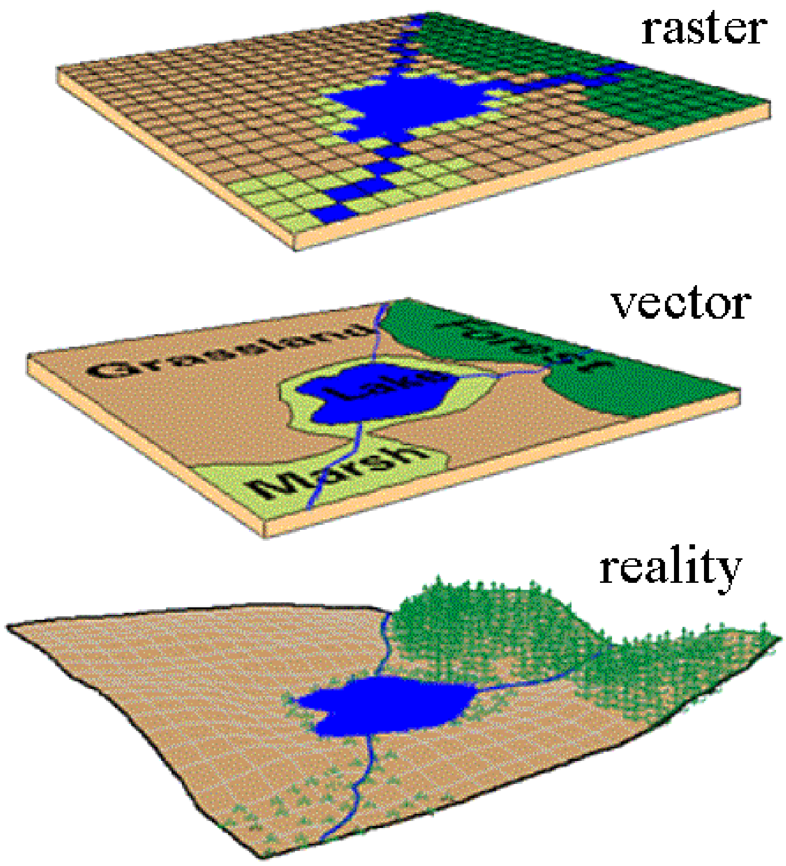
Fungsi SIG seringkali diasumsikan hanya untuk pembuatan peta digital, sebenarnya SIG berfungsi lebih daripada pembuatan peta digital. Pengelompokan data atau klasifikasi data, pencarian data, penrhitungan

secara statistik untuk jumlah penduduk pada kawasan tertentu dapat dilakukan oleh SIG. Sementara untuk pembuatan peta digital selain perangkat lunak SIG seperti ArcView, Map Info, Geomedia juga cukup digunakan perangkat lunak lain seperti autocad.

Data yang diperlukan untuk mebentuk SIG terdiri atas data spasial yang hal ini berupa peta digital, serta data tekstual (atribut, keterangan, atau angka-angka) yang masing-masing melekat pada data spasialnya. Data tekstual biasanya tersusun atas sebuah basis data dalam format tertentu dan masing-masing terhubung (linked) dengan baik terhadap data spasialnya.

Dengan demikian dalam SIG data tekstual akan memiliki kaitan posisi geografis, demikian pula setiap bagian dari data grafis peta memiliki informasi tekstual. Lain halnya dengan perangkat lunak CAD, perangkat ini umumnya hanya dapat menampilkan data grafis (peta) walupun mampu menampilkan data tekstual tapi satu sama lain terpisah, tidak saling berkaitan.

Data peta digital umumnya terdiri atas dua jenis data yaitu data vektor dan raster. Kedua data ini dihasilkan dari proses yang berbeda. Untuk vektor biasanya dihasilkan melalui proses pengubahan dari hardcopy atau print out gambar (peta) menjadi bentuk digital dengan menggunakan alat yang disebut meja digitizer. Yang mana setiap titik/point dari gambar hasil digitasi tersebut mempunyai koordinat X dan Y. Sedangkan data raster dapat dihasilkan dari hasil scan sebuah gambar atau peta dengan menggunakan scanner ataupun hasil dari digital kamera atau photo udara atau citra satelit yang mana gambar yang dihasilkan tersusun atas pixel-pixel yang berupa kotak-kotak bujur sangkar. Karakteristik kedua data dapat dilihat pada gambar 7.5.



Gambar 7.5. Ilustrasi Data raster dan data vector yang selnajutnya ditampilkan dalam dunia nyata

Persiapan Pembuatan Peta Digital dengan SIG

Untuk membentuk peta digital dengan menggunakan SIG dibutuhkan masukan data baik yang berbentuk spasial maupun tekstual. Beberapa sumber data tersebut antara lain adalah:

1. Peta analog (antara lain peta topografi, peta tanah, dan sebagainya)

   Peta analog adalah peta dalam bentuk cetakan. Pada umumnya peta analog dibuat dengan teknik kartografi, sehingga sudah mempunyai referensi spasial seperti koordinat, skala, arah mata angin dsb. Peta analog dikonversi menjadi peta digital dengan berbagai cara yang akan dibahas pada bab selanjutnya. Referensi spasial dari peta analog memberikan koordinat sebenarnya di permukaan bumi pada peta digital

yang dihasilkan. Biasanya peta analog direpresentasikan dalam format vektor.

2. Data dari sistem Penginderaan Jauh (a.l. citra satelit, foto-udara, dsb.)
   Data Pengindraan Jauh dapat dikatakan sebagai sumber data yang terpenting bagi SIG karena ketersediaanya secara berkala. Dengan adanya bermacam-macam satelit di ruang angkasa dengan spesifikasinya masing-masing, kita bisa menerima berbagai jenis citra satelit untuk beragam tujuan pemakaian. Data ini biasanya direpresentasikan dalam format raster.
3. Data hasil pengukuran lapangan.
   Contoh data hasil pengukuran lapang adalah data batas administrasi, batas kepemilikan lahan, batas persil, batas hak pengusahaan hutan, dsb., yang dihasilkan berdasarkan teknik perhitungan tersendiri. Pada umumnya data ini merupakan sumber data atribut.
4. Data GPS.
   Teknologi GPS memberikan terobosan penting dalam menyediakan data bagi SIG. Keakuratan pengukuran GPS semakin tinggi dengan berkembangnya teknologi. Data ini biasanya direpresentasikan dalam format vektor.

Beberapa cara yang dapat digunakan untuk memasukkan data spasial dan tekstual (membuat peta digital) dari sumber-sumber di atas ke dalam SIG, antara lain :

1) Digitasi,
2) Penggunaan GPS
3) Konversi dari sistem lain.

Kemampuan SIG dalam Menjawab Masalah Spasial

Dalam situasi ketidakpastian, dimana keputusan yang berkaitan dengan masalah-masalah spasial harus diambil, maka seseorang harus mencari jawaban atas berbagai petanyaan yang berkaitan dengan masalah yang

harus dipecahkan tersebut. Untuk itu, SIG dapat membantu memberikan jawaban. Pertanyaan yang dapat dijawab melalui penggunaan SIG misalnya adalah pertanyaan yang berkaitan dengan:

❖ **Lokasi : Apa dan dimana ?**

Mencari keterangan (atribut) atau deskripsi apa yang terdapat pada lokasi tertentu. Lokasi dapat dijelaskan dengan menggunakan berbagai cara, antara lain dengan menggunakan nama wilayah atau koordinat geografi (lintang/bujur, atau UTM). Pertanyaan di mana adalah kebalikan dari pertanyaan apa dan memerlukan analisis spasial untuk menjawabnya. Pertanyaan ini mengidentifikasikan unsur peta yang deskripsinya (salah satu atau lebih atributnya) ditentukan. Dengan pertanyaan ini pula, SIG dapat menemukan lokasi yang memenuhi beberapa syarat atau kriteria sekaligus. Sebagai contoh, SIG dapat menetukan lokasi yang sesuai untuk pengembangan lokasi pemukiman penduduk yang memiliki persyaratan yang harus dipenuhi.

❖ **Trend : Apa yang terjadi dan kapan ?**

Pertanyaan ini melibatkan dua pertanyaan sebelumnya (lokasi dan kondisi) dan dilakukan jika ingin mengetahui perubahan yang terjadi disuatu lokasi pada selang waktu tertentu.

❖ **Pola : Bentuk spatial yang bagaimana ?**

Pertanyaan ini lebih kompleks dari pertanyaan sebelumnya. Sering digunakan untuk melihat bentuk spasial yang bagaimana, berkaitan dengan suatu keadaan atau penyimpangan (anomali) pada suatu obyek.

❖ **Model: Bagaimana jika ?**

Data spasial yang disimpan dalam SIG dapat diolah dengan menggunakan berbagai fungsi yang tesedia didalam paket program SIG, sehingga pengguna dapat memperoleh informasi baru. Salah satu contoh adalah metode tumpang susun (overlay) atas beberapa peta dasar dan peta tematik.

8 SURVEI MIKROHIDRO

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 200 kW), yang memanf aatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut clean energy karena ramah lingkungan. Dari segi teknologi, PLTMH dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Secara ekonomi, biaya operasi dan perawatannya relatif murah, sedangkan biaya investasinya cukup bersaing dengan pembangkit listrik lainnya. Secara sosial, PLTMH mudah diterima masyarakat luas (bandingkan misalnya dengan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir). PLTMH biasanya dibuat dalam skala desa di daerah-daerah terpencil yang belum mendapatkan listrik dari PLN. Tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun.

Prinsip Kerja PLT Mikrohidro

PLT Mikrohidro pada prinsipny a memanf aatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik y ang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Skema prinsip kerja PLTMH terlihat pada gambar . Pembangunan PLTMH perlu diawali dengan pembangunan bendungan untuk mengatur aliran air yang akan dimanfaatkan sebagai tenaga penggerak PLTMH. Bendungan ini dapat berupa bendungan beton atau bendungan beronjong. Bendungan perlu dilengkapi dengan pintu air dan saringan sampah untuk mencegah masuknya kotoran atau endapan lumpur. Bendungan sebaiknya dibangun pada dasar sungai y ang stabil dan aman

terhadap banjir.

Survey potensi air sebagai dasar dalam perencanaan dan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) ini dilakukan dalam empat tahapan metode seperti dibawah ini:

a. Penentuan lokasi
b. Pengukuran tinggi jatuh air
c. Pengukuran debit air
d. Perhitungan potensi daya terbangkitkan.

Selanjutnya metode survey tersebut akan dijabarkan lebih detail seperti yang terdapat di bawah ini.

8.1 Penentuan Lokasi

Penentuan lokasi dilakukan dengan cara menyusuri sungai yang berada di daerah survey. Survey lapangan dilakukan guna mengetahui lokasi-lokasi mana yang berpotensi untuk dilaksanakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Setelah didapat lokasi yang memiliki potensi, dilakukan penandaan lokasi menggunakan GPS seperti Gambar dibawah ini.



Gambar 7.1 Marking / menandai titik koordinat lokasi survei

Pada saat pertama kali kita menghidupkan GPS, *receiver* GPS secara otomatis akan mengumpulkan data satelit dan arah lokasinya. Untuk memastikan pengenalan yang tepat, umumnya GPS handheld telah dilengkapi dengan mode pencari jejak otomatis. Mode tersebut menunjukkan lokasi GPS di mana saja di seluruh dunia.

Untuk menerima sinyal satelit kita harus berada di luar ruangan dan pemandangan langit yang jelas. *Waypoint* (titik tuju) adalah adalah lokasi yang kita rekam dan simpan di dalam GPS. Untuk merekam jalur saluran pembawa dari bendungan ke bak penampungan dan jalur pipa *penstock* dari bak penampungan ke rumah turbin, kita dapat memanfaatkan fitur *tracks* yang terdapat pada GPS. Fitur *tracks* menciptakan jejak elektronik atau "catatan jejak" pada *map page* selama bepergian. Catatan jejak tersebut berisi informasi tentang poin-poin sepanjang jalurnya, termasuk waktu, lokasi, ketinggian, dan kedalaman. Catatan jejak segera mulai merekam semua informasi yang diperlukan sesaat setelah alat ini menentukan posisi lokasi yang dikirimkan oleh minimal empat sinyal satelit

8.2. Pengukuran Tinggi Jatuh Air

Pengukuran tinggi jatuh air antara sumber air dengan lokasi turbin dilakukan menggunakan altimeter yang terdapat pada GPS. Prinsip kerja altimeter adalah mengukur tekanan udara. Tekanan udara akan berubah 9 mm *head* air raksa untuk setiap 100 meter perubahan elevasi. Altimeter sangat mudah terpengaruh oleh perubahan suhu, tekanan atmosfir dan kelembaban. Penggunaan altimeter yang terbaik adalah dengan melakukan pengukuran beda ketinggian dalam jangka waktu yang secepatnya.

Secara umum pengukuran menggunakan altimeter adalah pengukuran yang paling baik terutama untuk pengukuran kondisi-kondisi tertentu misalnya untuk pengukuran *head* yang tinggi. *Altimeter Page* pada GPS menunjukkan peningkatan yang sedang berlaku, rata-rata penurunan/pendakian, profil perubahan peningkatan ketinggian sepanjang jarak dan waktu, atau profil perubahan tekanan sepanjang waktu. GPSMAP76CSx ini juga bergantung pada tekanan barometric pada saat menentukan ketinggian dan tekanan pada setiap ketinggian dapat berubah-ubah.

Pengukuran ketinggian juga dilakukan dengan metode pengukuran lainnya sebagai pembanding. Untuk itu, selain menggunakan altimeter, pengukuran beda ketinggian juga dilakukan secara manual menggunakan meteran dengan menggunakan metode *spirit level and string* (papan *water pass*). Metode ini hampir sama dengan pengukuran beda ketinggian menggunakan selang *water pass* namun perbedaanya adalah pada metode *spirit level and string* menggunakan batang *water pass*. Metode *spirit level and string* melakukan pengukuran beda ketinggian antara dua titik dengan menggunakan bantuan tiang, tali, dan batang *water pass* untuk melihat kelurusannya secara horizontal [5]. Pengukuran *head* secara manual menggunakan meteran ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 7.2. Pengukuran Head menggunakan meteran

8.3. Pengukuran Debit Air

Pengukuran debit air sesaat di lokasi memilik tiga tujuan yaitu :

a. Untuk mengetahui debit air sepanjang musim kemarau dimana studi hidrologi dilakukan guna mengetahui debit air terkecil
b. Untuk memverifikasi data yang diperoleh dari dokumen pengairan apakah sesuai dengan data yang diperoleh dari pengukuran
c. Diperlukan dalam aplikasi dari metode korelasi aliran.

Pengukuran debit air dilakukan menggunakan alat *propeller devices* atau sering juga disebut *current meters (gambar 6.3)*



Gambar 7.3 Current meter



Gambar 7.4 Pelaksanaan pengukuran debit air m,enggunakan current meter di lapangan

Propeller devices atau *current meters* adalah sebuah batang dengan *propeller* atau balingbaling yang dapat bergerak bebas berputar dan dihubungkan dengan layar monitor menggunakan kabel untuk membaca kecepatan aliran air. Biasanya alat ini mengukur kecepatan air mulai dari 0,2 sampai 5 m/s dengan tingkat kepresisian 2 %. Setelah kecepatan arus air diketahui selanjutnya dilakukan pengukuran luas penampang melintang sungai. Dari dua parameter tersebut, debit air dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q = v \cdot A$$

Dimana:

Q = debit air [m3/s]

v = kecepatan air [m/s]

A = luas penampang melintang sungai [m2][6]

Pengukuran debit dengan menggunakan *current meter* dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya:

a. Merawas

Pengukuran debit dengan cara merawas adalah petugas pengukur langsung masuk ke dalam badan air. Petugas pengukur minimal terdiri dari 2 orang, 1 orang petugasmengoperasikan peralatan dan 1 orang petugas mencatat data pengukuran. Dalam pelaksanaannya perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. dilakukan pada lokasi sebatas pengukur mampu merawas
2. posisi berdiri pengukur harus berada di hilir alat ukur arus dan tidak boleh menyebabkan berubahnya garis aliran pada jalur vertikal yang diukur
3. letakkan tongkat penduga tegak lurus pada jarak antara 2,5 – 7,5 cm di hilir kabel baja yang telah dibentangkan
4. hindari berdiri dalam air apabila akan mengakibatkan penyempitan penampang melintang
5. apabila posisi *current meter* (arah aliran) tidak tegak lurus terhadap penampang melintang sungai, maka besarnya sudut penyimpangan perlu dicatat untuk menghitung koreksi kecepatan di vertikalnya.



Gambar 7.5 Metode merawas

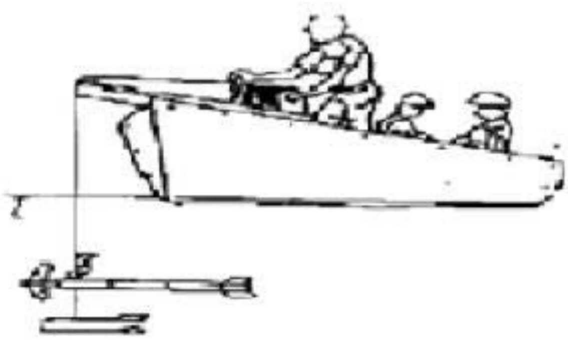
b. Perahu

Pengukuran debit menggunakan perahu adalah petugas pengukur menggunakan sarana perahu sebagai alat bantu pengukuran. Petugas pengukur minimal terdiri dari 3 orang, 1 orang petugas memegang dan menggeser perahu, 1 orang petugasmengoperasikan peralatan dan 1 orang petugas mencatat data pengukuran.

Petugas pelaksanaan pengukuran dengan menggunakan perahu perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. dilakukan apabila tidak memungkinkan pengukuran dengan cara merawas
2. alat ukur arus dilengkapi dengan alat penggulung kabel *(sounding reel)* dan pemberat yang disesuaikan dengan kondisi aliran (kedalaman dan kecepatan)
3. posisi alat ukur harus berada di depan perahu
4. kabel yang digunakan untuk mengukur lebar sungai *(tagline)* harus terpisah dari kabel yang digunakan untuk menggantungkan perahu

5. apabila lebar sungai lebih dari 100 m, atau sungai digunakan untuk transportasi air maka kabel penggantung perahu tidak dapat digunakan. Pengaturan posisi perahu diatur dengan menggunakan *sextant* meter agar lintasan pengukuran tetap berada pada satu jalur sehingga lebar sungai sesuai dengan lebar sungai sesungguhnya. Metode ini disebut metode sudut *(angular method)*. Selain metode ini dapat juga digunakan metode perahu bergerak.



Gambar 6.6 Metode perahu

c. Sisi jembatan

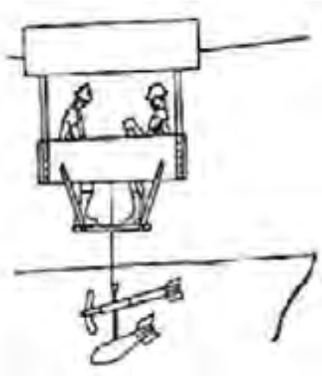
1. Pengukuran debit dari sisi jembatan adalah pengukuran dilakukan dari sisi jembatan bagian hilir aliran dan sebaiknya jembatan yang digunakan tidak terdapat pilar. Peralatan yang digunakan adalah *bridge crane, sounding reel, tagline,* dan 1 set *current meter* + pemberat yang beratnya tergantung dari kecepatan aliran. Petugas pengukur minimal terdiri dari 3 orang, 2 orang petugasmengoperasikan *bridge crane* dan peralatan pengukur dan 1 orang petugas mencatat data pengukuran.
2. Pengukuran dari sisi jembatan dilakukan apabila pada lokasi pos terdapat fasilitas jembatan, dengan kondisi kedalaman air lebih dari 2 m dan kecepatan airnya cukup deras sehingga tidak memungkinkan dilakukan pengukuran dengan menggunakan perahu.



Gambar 6.7 Metode Jembatan

d. *Cable Car* (Kereta Gantung)

Cable car adalah alat bantu pengukuran berupa kereta gantung yang digantungkan pada kabel utama yang juga berfungsi sebagai alat ukur lebar sungai, dilengkapi dengan tempat duduk petugas pengukur dan dudukan *sounding reel*. Peralatan yang digunakan adalah *current meter* lengkap dengan ekor panjang dan pemberat yang disesuaikan dengan kondisi kecepatan dan kedalaman aliran. Petugas pengukur terdiri dari 2 orang, 1 orang petugasmengoperasikan peralatan dan 1 orang petugas mencatat data pengukuran.



Gambar 6.8 Metode Kereta Gantung

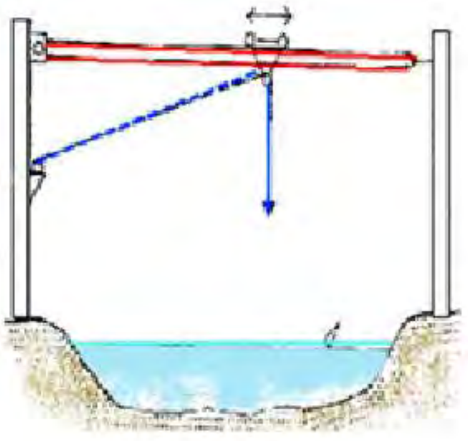
e. *Winch Cable Way*

Pengukuran debit dengan menggunakan *winch cable way* dilakukan dari pinggir sungai dengan menggunakan peralatan *winch cable way.* Petugas pengukur minimal terdiri dari 2 orang, 1 orang petugasmengoperasikan peralatan dan 1 orang petugas mencatat data pengukuran.

Lokasi penempatan *winch cable way* harus memenuhi persyaratan teknis seperti halnya tempat pengukuran dengan metode lainnya. Persyaratan tersebut antara lain pada bagian alur sungai yang lurus, aliran laminar dan merata, dll.

Peralatan *winch cable way* yang terdiri dari:

1. Kabel pengukur lebar sungai
2. Kabel pengukur kedalaman air juga berfungsi sebagai kabel penghantar listrik untuk menghitung jumlah putaran dan juga berfungsi sebagai penggantung *current meter* + pemberat yang disesuaikan dengan kondisi aliran (kedalaman dan kecepatan)
3. Kabel utama *(main cable)* yang berfungsi sebagai penggantung semua peralatan yang digunakan. Kabel utama diikatkan pada dua buah tiang yang dipasang pada kedua tebing sungai, dan salah satu tiangnya digunakan untuk menempatkan pengerek *(winch)*
4. Pengerek *(winch)* yang berfungsi untuk menggulung kabel pengukur lebar sungai dan kabel pengukur kedalaman air. *Winch* dapat terdiri dari 2 *(double drum winch)* atau hanya terdiri dari 1 *winch (single drum winch)*



Gambar 6.9 Metode Winch cable

8.4. Perhitungan Potensi Daya Terbangkitkan

Data hasil survey potensi air diolah untuk mengetahui besarnya daya yang dapat dibangkitkan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$P = \rho \cdot q \cdot Q \cdot h_{eff}$$

Dimana:

P = daya terbangkitkan (Watt)

ρ = massa jenis air = 1000 kg/m3

g = gravitasi = 9,81 m2/s

Q = debit (m3/s)

*H*eff = tinggi efektif (m)

9 PENGUKURAN ENERGI ANGIN

Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang ada dan masih sedikit pemanfaatannya. Pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi terbarukan adalah suatu usaha menjawab masalah atas terjadinya perubahan lingkungan dan alam juga salah satu usaha konservasi dari sumber energi konvensional.

Pengukuran angin selalu melibatkan (menggunakan) suatu metode-metode pendekatan, salah satunya dengan menggunakan distribusi Weibull dan Rayleigh. Melalui metode ini dapat diketahui karakteristik angin suatu wilayah serta perancangan turbin angin yang sesuai dengan kondisi tersebut. Hasil review menyebutkan bahwa di beberapa negara dengan wilayah pesisir yang cukup luas (Yunani, Kerajaan Saudi Arabia, Turki, Taiwan dan Afrika Selatan) mampu dikembangkannya suatu pemanfaatan energi angin. Pemanfaatan angin yang sudah ada adalah sebagai sumber energi listrik (grid connection dan grid non-connection) serta energi mekanik (windpump).

9.1. Pendahuluan

Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang ada dan masih sedikit pemanfaatannya. Pertumbuhan pemanfaatan energi angin cukup pesat sejak tahun 1990 dan cukup mendapat perhatian dunia atas pemanfaatannya terhadap teknologi yang digunakan dan memerlukan biaya yang cukup kompetitif dari pada sumber energi konvensional lainnya.

Pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi terbarukan adalah suatu usaha menjawab suatu masalah atas terjadinya perubahan lingkungan dan alam juga salah satu usaha konservasi dari sumber energi

konvensional.Sebagai contoh, berdasarkan laporan AWEA di Amerika untuk pembangkit daya angin 750 kW dengan kecepatan angin 5.76 m/s dengan ketinggian 10 m yang beroperasi selama setahun mampu mengurangi emisi gas-gas berbahaya, antara lain 1179 ton CO_2; 6,9 ton SO_2 dan 4,3 ton NO_2 atas penggunaan BBM.

9.2. Konsep Dasar Pengukuran Angin

Pengukuran angin di daerah pesisir harus memperhatikan aspek-aspek penting, antara lain :

- ketinggian minimum uji (min 8 m).
- range kecepatan angin uji berkisar 0 – 25 m/s, kecepatan angin di atas 25 m/s akan terjadi badai.
- selain itu pula, digunakan parameter Weibull untuk mengestimasikan energi angin (distribusi dan densitas daya angin) dan menetukan karakteristik turbin angin yang sesuai. Parameter Rayleigh juga digunakan untuk analisa distribusi kecepatan angin.

9.3. Metode pengukuran Angin

Ada beberapa cara (metode) yang digunakan dalam pendekatan perhitungan energi angin di suatu wilayah. Akan tetapi, metode sebaran Weibull dan Rayleigh yang paling familiar dan mudah untuk memprediksikan kondisi angin di suatu wilayah. Bahkan beberapa peneliti lebih menganjurkan untuk menggunakan metode Weibull. Dengan dua metode tersebut dapat diketahui/diprediksikan pola dan probabilitas daya angin untuk diaplikasikan sebagai pembangkit daya (windpower, windmill, dan windpump).

Pengukuran angin harus mempertimbangkan banyak aspek penting, antara lain kondisi landscape, waktu, durasi, nilai kembar selama waktu tertentu dan berturut-turut dsb. Hal ini perlu diperhatinkan karena pada kondisi areal tertentu (berbukit) menyebabkan angin bergolak (turbulensi) sehingga untuk menghindari pergolakan angin yang terjadi pengukuran harus dalam kondisi bebas dan tanpa gangguan, yaitu dengan menambah ketinggian pengujian

(misal, 4 m dari titik ketinggian acuan). Pada daerah pesisir, pengukuran angin dilakukan di siang hari,

karena pada kondisi ini angin bertiup kencang ke arah darat (angin darat). Durasi pengujian yang lama dapat meminimalisir penyimpangan (eror) yang terjadi. Nilai kembar yang terjadi selama beberapa waktu tertentu (misal 3 jam) ditiadakan karena penelitian dilakukan untuk mengetahui fluktuasi (beban) angin yang terjadi, yang memungkinkan terjadinya kegagalan instalasi windturbin. Arah angin juga perlu diperhitungkan. Hal ini untuk melihat perilaku angin dari waktu ke waktu sehingga tentu akan sangat berguna jika menggunakan / memanfaatkan windturbin dengan arah tetap (without tail).

Hasil review diatas memperlihatkan bahwa kondisi angin aplikasi tidaklah terlalu besar, bahkan di beberapa tempat memperlihatkan kisaran nilai sekitar 1,6 m/s. Meskipun demikian, pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi tidaklah terganggu. Di Yunani dan Afrika Selatan, pemanfaatan energi angin baru sebatas electrocharging (windpower with batteray charging) dan mekanik (windpump dan windmill).

Metode pendekatan Weibull dan Rayleigh sesuai jika digunakan untuk memprediksikan daya angin yang terkandung di suatu wilayah serta dapat juga digunakan untuk memprediksikan windturbin yang sesuai.

Aspek penting yang harus diperhatikan pada pengukuran angin antara lain: landscape suatu wilayah, lokasi pengujian, waktu pengujian, durasi pengujian, kondisi nilai yang didapat (misal, nilai kembar secara berturut-turut selama 3 jam), serta arah angin.

9.4. Alat Pengukur Kecepatan Angin

Angin merupakan pergerakan udara yang disebabkan karena adanya perbedaan tekanan udara di suatu tempat dengan tempat lain. Dengan adanya pergerakan udara di atmosfer ini maka terjadilah distribusi partikel-

partikel di udara, baik partikel kering (debu, asap, dsb) maupun partikel basah seperti uap air. Pengukuran angin permukaan merupakan pengukuran arah dan kecepatan angin yang terjadi dipermukaan bumi dengan ketinggian antara 0.5 sampai 10 meter.

Alat-alat yang paling baik untuk mengukur angin (permukaan) adalah Wind Vane dan Anemometer. Alat-alat pengukur kecepatan angin di bagi dalam 3 bagian :

1. Anemometer Cup dan Vane, alat ini mengukur banyaknya udara yang melalui alat per satuan waktu.
2. Pressure Tube Anemometer, alat ini bekerja disebabkan oleh tekanan dari aliran udara yang melalui pipa-pipanya.
3. Pressure Plate Anemometer, lembaran logam tertentu, ditempatkan tegak lupus angin. Lembaran logam ini akan berputar pada salah satu sisinya sebagai sumbu. Besar penyimpangan (sudut) menjadi kecepatan angin.

9.4.1. Anemometer

Anemometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur arah dan kecepatan angin. Satuan meteorologi dari kecepatan angin adalah Knots (Skala Beaufort. Sedangkan satuan meteorologi dari arah angin adalah 0o – 360o dan arah mata angin. Anemometer harus ditempatkan di daerah terbuka.

Pada saat tertiup angin, baling-baling yang terdapat pada anemometer akan bergerak sesuai arah angin. Di dalam anemometer terdapat alat pencatat yang akan menghitung kecepatan angin. Hasil yang diperoleh alat akan dicatat, kemudian dicocokkan dengan Skala Beaufort.

Selain menggunakan anemometer, untuk mengetahui arah mata angin, kita dapat menggunakan bendera angin. Anak panah pada baling-baling bendera

angin akan menunjukkan ke arahmana angin bertiup. Cara lainnya dengan membuat kantong angin dan diletakkan di tempat terbuka.



Gambar 8.1 Anemometer

9.4.2. Cup Counter Dan Wind Vane Anemometer

Pergerakan udara atau angin umumnya diukur dengan alat *cup counter anemometer*, yang didalamnya terdapat dua sensor, yaitu: *cup - propeller sensor* untuk kecepatan angin dan *vane/ weather cock sensor* untuk arah angin. Untuk pengamatan angin permukaan, *Anemometer* dipasang dengan ketinggian 10 meter dan berada di tempat terbuka yang memiliki jarak dari penghalang sejauh 10 kali dari tinggi penghalang (pohon, gedung atau sesuatu yang menjulang tinggi). Tiang anemometer dipasang menggunakan 3 buah labrang/ kawat penahan tiang, dimana salah satu kawat/labrang berada pada arah utara dari tiang anemometer dan antar labrang membentuk sudut 1200. Pemasangan penangkal petir pada tiang

anemometer merupakan faktor terpenting terutama untuk daerah rawan petir. Hal ini mengingat tiang anemometer memiliki ketinggian 10 meter dengan ujung-ujung runcing yang membuatnya rawan terhadap sambaran petir.



Gambar 8.1 Cup Counter

9.4.3. Altimeter

Altimeter adalah alat untuk mengetahui ketinggian suatu tempat terhadap MSL (*mean sea level = 1013,25 mb = 0 mdpl*). Altimeter sebenarnya adalah barometer aneroid yang skala penunjukkannya telah dikonversi terhadap ketinggian. Sebagaimana kita ketahui bahwa 1 mb sebanding dengan 30 feet (9 meter) atau dapat dicari dengan pendekatan rumus:

H = 221.15 Tm log (Po / P)



Gambar 8.1 Altimeter

10 PENGUKURAN CUACA

Cuaca adalah keadaan udara disuat wilayah dan waktu tertentu.Maksudnya adalah keadaan udara disuatu wilayah atau daerah yang akan terjadi suatu saat. contohnya seperti ;mendung,hujan,panas dll. Ilmu yang mempelajari tentang cuaca adalah *Meteorologi.*

10.1. Unsur-Unsur Cuaca

Ada beberapa unsur yang mempengaruhi cuaca dan iklim, yaitu

1. **Suhu Udara :** Suhu udara adalah keadaan panas atau dinginnya udara. Alat untuk mengukur suhu udara atau derajat panas disebut thermometer. Biasanya pengukuran dinyatakan dalam skala Celcius (C), Reamur (R), dan Fahrenheit (F).

   Berdasarkan hasil pengukuran suhu udara yang disajikan oleh intansi ,keadaan udara di Indonesia dapat disimpulkan sebagai berikut :

   - 1.temperatur udara harian dipantai cukup tinggi.
   - 2.Amplitudo harian relatif kecil (selisih temperatur udara tinggi dan terendah dalam waktu satu hari).
   - 3.Amplitudo harian relatif kecil.

2. **Tekanan udara**

   Besarnya tekanan udara dapat diukur dengan **barometer** .Barometer air raksa suikar dibawa kemana – mana dibandingkan dengan barometer aneroid .Berdasarkan kenyataan diatas ,barometer dapat dipakai untuk mengukur tinggi tampat diatas permukaan laut.Barometer aneroid yang digunakan untuk mengukur tinggi tempat.

3. **Kelembahan Udara**

Kelembahan udara adalah banyaknya kandungan uap air yang terdapat si udara .Kelembaban udara dapat diukur dengan **higrometer.**

Kelembaban nisbi adalah bilangan dalam persentase yang menunjukan perbandingan antara uap air yang ada dalam udara dan jumlah uap air setinggi – tingginya yang dapat di tampung oleh udara itu.. Ada tiga macam kelembaban udara:

1) Kelembaban udara absolut, ialah banyaknya uap air yang terdapat di udara pada suatu tempat. Dinyatakan dengan banyaknya gram uap air dalam 1 m^3 udara.
2) Kelembaban udara relatif, ialah perbandingan jumlah uap air dalam udara dengan jumlah maksimum uap air yang dapat dikandung udara pada temperatur yang dinyatakan dengan persen.
3). Kelembaban spesifik

Kelembaban spesifik adalah berat uap air per satuan berat udara (termasuk berat uap airnya)yang umumnya dinyatakan dalam gram air per kilogram udara.

4. **Angin**

Menurut Hukum Buys Ballot,angin adalah udara yang bergerak dari daerah bertekanan udara maksimum kedaerah bertekanan udara minimum.

5. **Penyinaran Matahari**

Penyinaran matahari adalah penerimaan energi matahari oleh permukaan bumi dalam bentuk sinar – sinar gelombang pendek yang menerobos atmosfer.

Banyaknya panas matahari yang diterima dipengaruhi oleh :

1.Besarnya sudut datang sinar matahari .

2.Lama penyinaran matahari .

3.Jenis tanah atau benda yang disinari oleh matahari .

4.Keadaan awan pada waktu penyinaraan .

6. **Curah Hujan**

Curah hujan yaitu jumlah air hujan yang turun pada suatu daerah dalam waktu tertentu. Alat untuk mengukur banyaknya curah hujan disebut Rain gauge. Curah hujan diukur dalam harian, bulanan, dan tahunan. Hujan ialah peristiwa sampainya air dalam bentuk cair maupun padat yang dicurahkan dari atmosfer ke permukaan bumi. Garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai curah hujan yang sama disebut Isohyet. Alat pengukur hujan adalah **ombrometer.**

10.2. Alat Pengukur Cuaca Lokal

AWS (Automatic Weather Stations)

AWS merupakan singkatan dari Automatic Weather Station atau alat pengukur cuaca otomatis. Sesuai dengan namanya AWS akan mengukur cuaca secara otomatis. AWS dapat mengukur curah hujan, laju angin, dan lain sebagainya. AWS dapat mempermudah manusia dalam pengamatan terhadap cuaca. Akan tetapi harganya yang masih relatif mahal membuat kalangan tertentu manjadi sulit untuk memperolehnya. Oleh karena itu stasiun cuaca otomatis yang murah, akurat dan mudah dioperasikan menjadi pilihan dimasa-masa sekarang ini.

Dengan kemajuan teknologi di bidang mikroprosesor, memungkinkan manusia untuk melakukan sesuatu yang rumit dan kompleks. Mikrokontroler sebagai aplikasi mikroprosesor dalam sistem kendali, pun mengalami perkembangan yang pesat. Mikrokontroler kini telah banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang kehidupan.

Keberadaan mikrokontroler telah mendukung perkembangan peralatan di bidang instrumentasi yang juga didorong dengan munculnya piranti sensor digital yang akurat dan mudah digunakan. Kemajuan teknologi di bidang komunikasi wireless juga telah memberikan banyak kemudahan dalam sistem penginderaan jauh (remote sensing). Ukurannya yang kecil

dan cakupan areanya yang luas menjadikan pilihan yang tepat untuk membangun berbagai macam aplikasi di bidang telemetri.

Maka untuk memenuhi kebutuhan akan sistim pengukuran elemen iklim dan cuaca yang otomatis, murah dan akurat serta dari pertimbangan kemampuan mikrokontroler seperti yang telah diuraikan diatas, dalam penelitian ini penulis ingin mengimplementasikan sebuah stasiun cuaca otomatis yang dikendalikan oleh mikrokontroler AVR ATmega16, datanya ditransmisikan menuju pusat pengamatan dengan sistem nirkabel dan komputer sebagai media penampil dan perekam informasi cuaca.

AWS merupakan suatu peralatan atau sistem terpadu yang di disain untuk pengumpulan data cuaca secara otomatis serta di proses agar pengamatan menjadi lebih mudah. AWS ini umumnya dilengkapi dengan sensor, RTU (*Remote Terminal Unit*), Komputer, unit *LED Display* dan bagian-bagian lainnya.

Sensor-sensor yang digunakan meliputi sensor temperatur, arah dan kecepatan angin, kelembaban, presipitasi, tekanan udara, pyranometer, net radiometer.

RTU (*Remote Terminal Unit*) terdiri atas data logger dan *backup power*, yang berfungsi sebagai terminal pengumpulan data cuaca dari sensor tersebut dan di transmisikan ke unit pengumpulan data pada komputer.

Masing-masing parameter cuaca dapat ditampilkan melalui *LED (Light Emiting Diode) Display*, sehingga para pengguna dapat mengamati cuaca saat itu (*present weather*) dengan mudah.

BMG telah memasang beberapa peralatan AWS baik yang terpasang secara terintegrasi (AWS wilayah Jabodetabek) maupun yang berdiri sendiri (tidak terintegrasi). Saat ini AWS yang terpasang di stasiun pengamatan BMG telah lebih dari 70 peralatan dengan berbagai merk (a.l. Cimel, Vaisala, Jinyang, RM Joung dsb), sehingga hal ini relatif cukup sulit jika kita akan

melakukan pemeliharaan karena memerlukan beberapa orang yang menguasai peralatan masing-masing merk. Kondisi ini diharapkan tidak mejadi penghalang bagi teknisi BMG untuk menguasai teknologi AWS tersebut justru diharapkan menjadi tantangan untuk dihadapi.

10.3. KOMPONEN AWS

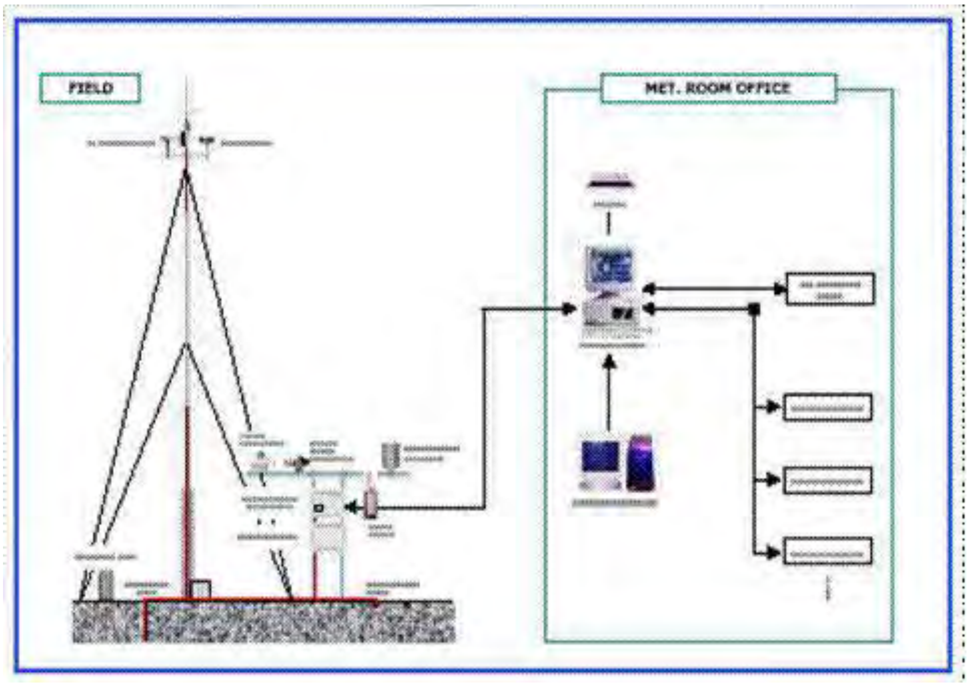
Secara umum AWS dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu

1. Sensor
   a. Wind speed
   b. Wind direction
   c. Humidity
   d. Temperature
   e. Solar radiation
   f. Air Pressure
   g. Rain gauge
2. Data Logger
3. Komputer (sistem perekam dan sistem monitor)
4. Display (optional)
5. Tiang untuk dudukan sensor dan data logger
6. Penangkal petir

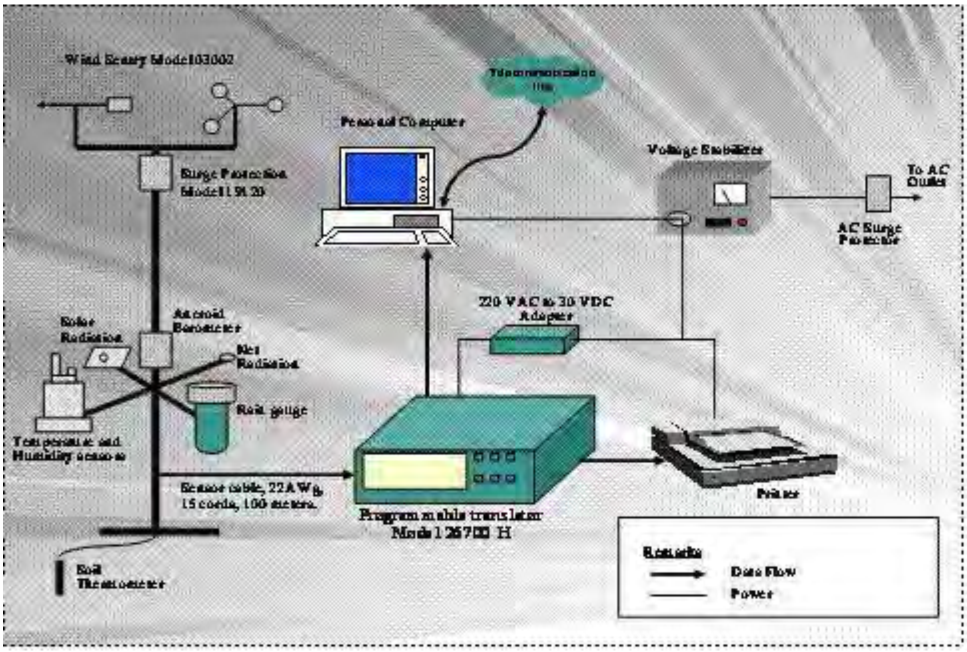
Spesifikasi teknis dari masing-masing komponen biasanya ditentukan, sesuai dengan dimana AWS tersebut akan dipasang.

Hubungan antar komponen aws

Secara umum semua AWS mempunyai prinsip kerja yang relatif sama, hal ini juga terlihat pada hubungan antar komponen dari AWS tersebut. Contoh hubungan antar komponen AWS ada pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Blok Diagram AWS



Gambar 2. Blok Diagram RM Joung AWS

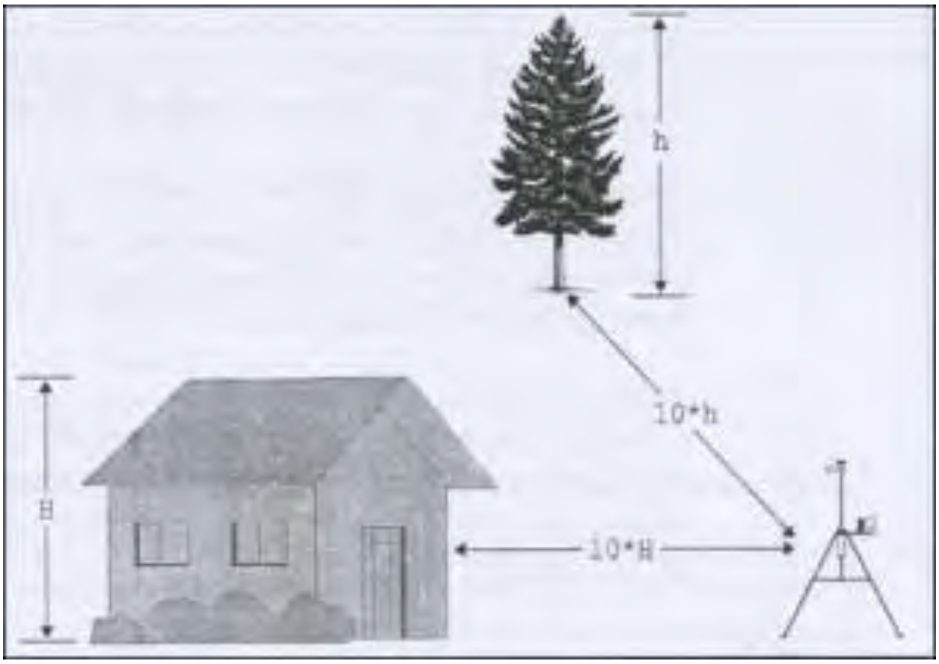
Sensor

Sensor yang digunakan pada AWS secara umum dibagi menjadi 2 (dua) kelompok sensor, yaitu :

- **Primary Sensors**
  - Air Temperature
  - Precipitation
- **Secondary Sensors**
  - Wind Speed
  - Global Solar Radiation
  - Ground Surface (Skin) Temperature
  - Solar panels & Wind power (optional)
  - Extended Range Operating Envelopes

10.4. Standarisasi Penempatan Peralatan AWS

Dalam pemilihan dan menentukan penempatan peralatan AWS yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Standarisasi Penempatan AWS

Kedudukan standar peralatan AWS

- Di atas tanah yang tertutup rumput pendek atau pada area lokal reperesentatif
- Sensor-sensor meteorologi harus diletakkan jauh dari pengaruh luar seperti bangunan dan pohon (jarak tergantung daripada variabel jenis penghalang).
- Sensor harus diletakkan pada ketinggian yang sama (dan ditempatkan) sesuai dengan peralatan konvensional.
- Jaga kestabilan terhadap lokasi (perubahan tumbuh-tumbuhan, bangunan, dll)

Sensor Temperatur dan Kelembaban

- Diletakkan di bagian dalam dan teduh atau terlindung pada tingginya 1.25 sampai 2.0 m (tidak berventilasi atau yang berventilasi).
- Jenis,bentuk dan warna perisai yang berbeda memberi hasil pengukuran berbeda.
- Untuk perbandingan data dan kompatibel data dapat diinstall seperti pada Gambar 1 dan 2**.**

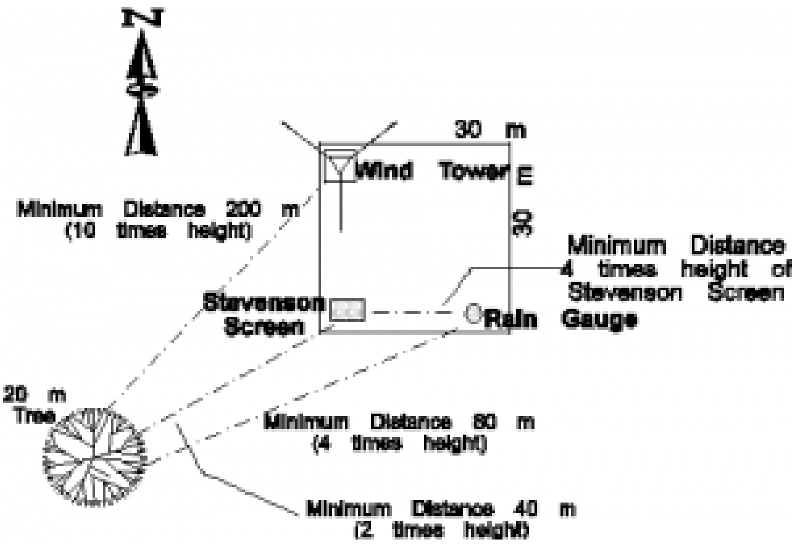
Pengukuran Curah hujan

- Berada pada lokasi terbuka yang kebanyakan instrumentasinya dipasangkan agak jauh dari raingauges.
- Pada ketinggian 1 m di atas tanah akan memberikan hasil yang berbeda dari pengukuran pada ketinggian 3 m atau 30 cm diatas tanah atau di dalam suatu lubang (galian) kecil;

Pengukuran Angin

- Ketinggian Standart baku adalah 10 m di atas tanah lapang terbuka (jarak dari penghalang sekitar 10 kali dari tinggi penghalang);
- Kecepatan Angin terukur pada ketinggian rendah adalah $\pm$ 10 m di atas permukaan tanah.

Diperlukan untuk titik pengamatan lainnya.



Gambar 4. Classic Stevenson Screen

10.5. PENEMPATAN SENSOR

Dalam penempatan Sensor-sensor AWS yang harus diperhatikan /diutamakan agar sensor dapat dipakai sesuai dengan kebutuhan seperti :

- Daerah batas-pengukuran;
- Data representatif;
- Kompatibel Data;
- Ketelitian;
- Kestabilitasan data untuk jangka panjang.

Daerah batas pengukuran dan data representatif

Di dalam peralatan Klimatologi, AWS dapat dipasang pada daerah / wilayah yang berbeda (perlu dipertimbangkan luasan cakupan /range pengukuran dan temperatur di daerah Tropis, Lintang tinggi atau daerah kutub). Selain itu juga tergantung juga pada kebutuhan pemakai; Seperti pada daerah cakupan / range pengukuran ceilometer CT25K adalah 0-25.000ft sedangkan untuk CT12K adalah 0-12,500 ft saja

Kompatibel Data

Dalam rangka mencapai kompatibel data saat penggunaan jenis sensor yang berbeda , *shielding and different exposure* sensor yang berbeda dilakukan pada variabel yang sama, koreksi pada saat pengukuran aktual adalah perlu, seperti dalam pengukuran presipitasi atau kecepatan angin pada ketinggian berbeda di atas tanah.

Ketelitian

Kedekatan antara hasil suatu pengukuran dan suatu nilai sebenarnya mutlak diperlukan. Untuk itu diperlukan ketelitian operasional yang berbeda, yaitu tergantung dari aplikasi, seperti perbedaan ketelitian jangkauan untuk variabel tertentu. Seperti; Tinggi awan : ketelitian yang diperlukan adalah 10% untuk ketinggian > 100 m, ketelitian jangkauan (menggunakan CT25K) adalah 50 ft untuk keseluruhan range pengukuran.

Kestabilitasan data jangka panjang

Kemampuan untuk menyimpan ketelitian hasil pengukuran untuk periode yang lama dan dapat dinyatakan oleh drift (kestabilitasan kalibrasi sensor terhadap waktu). Stabilitas keakuratan data yang baik dapat menghemat biaya dan waktu.

Karakteristik sensor

Untuk menghasilkan ketelitian dan ketepatan pengukuran dari suatu sensor perlu dilakukan pengamatan khusus pada sensor AWS seperti :

- Resolusi;
- Repeatabilitas;
- Linearitas;
- Respon Time;
- Drift;
- Histeresis.

Resolusi, adalah perubahan terkecil yang terjadi pada sensor untuk dapat mendeteksi. Hal ini merupakan suatu nilai kwantitatif kemampuan untuk menandakan suatu sensor dapat memberikan nilai terdekat dengan indikasi kwantitasnya.

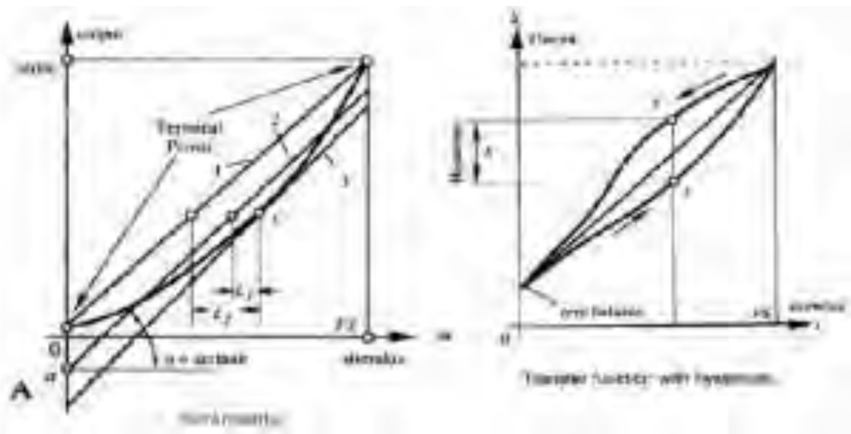
Repeatabilitas, adalah kemampuan sensor untuk mengukur suatu variabel lebih dari satu kali dan menghasilkan data / output yang sama dalam kondisi lingkungan yang sama pula.

Linearitas, adalah gambaran tentang penyimpangan sensor dari perilaku garis lurus idealnya.

Waktu respon, adalah waktu yang dibutuhkan sensor bila terjadi perubahan dengan pengukuran 63% dari perubahannya. Interval waktu antara waktu sesaat ketika stimulus terjadi pada subjek dalam tetapan perubahan kasar dan waktu sesaat ketika waktu respons tercapai dan meninggalkan dalam batas tertentu di sekitar nilai tetapnya (*Steady value*).

Drift, adalah kalibrasi kestabilitasan sensor dengan waktu.

Histeresis, adalah kemampuan sensor untuk menghasilkan pengukuran yang sama apakah peristiwa yang sedang berlangsung akan terus bertambah atau akan berkurang (Gambar 5).



Gambar 5. Grafik Histeresis

9.6. Akuisisi dan Pengolahan data

Sampling sensor output, adalah Sampel pengukuran tunggal, yaitu salah satu dari satu rangkaian suatu sistem sensor (satu pengamatan diperoleh dari sejumlah sampel).

Frekwensi Sampling yang berbeda digunakan :

- Untuk temperatur (5-6 kali suatu menit),
- Untuk wind gust (tiap-tiap 3 detik), dll.

Konversi keluaran sensor, adalah perubahan bentuk nilai-nilai keluaran sensor secara elektronik ke dalam unit parameter meteorologi.

Liniarisasi, jika transducer output tidak sebanding dengan kwantitas saat pengukuran, maka sinyal berbentuk linear, hal ini dapat digunakan sebagai instrument kalibrasi.

Smoothing, digunakan untuk meniadakan sekecil mungkin *noise* (fluktuasi dan kesalahan acak tidak sesuai untuk pemakaian ini).

Rata-Rata, digunakan untuk membuang variabilitas-variabilitas kecil yang ada di atmosfir. Hal itu perlu dilakukan untuk memperoleh pengamatan representatif dan kompatibel data dari sensor berbeda.

Koreksi, adalah penyesuaian data untuk menggantikan kesalahan yang terjadi sepanjang interval pengamatan sebagai akibat efek dari lingkungan ataupun dari instrumentasi.

Perhitungan perolehan data, kalkulasi jumlah statistik (ekstrim, total); data yang diperoleh dari parameter meteorologi (jarak penglihatan, titik embun dari kelembaban).

DAFTAR PUSTAKA

1. Wongsotjitro,S., *Ilmu Ukur Tanah*, Yayasan Kanisius 1980.
2. Irvine, W., 1974.,*Surveying for Construction*, Mc.graw-Hill Book Company United.
3. Brinker, R.C., Paul ,WLF., *Dasar - Dasar Pengukuran Tanah (Surveying)*
4. Staf Survai, *Survai dan Pemetaan*, PPPG Teknologi Bandung 1985
5. Mulkan, S.F.,Sumaryanto, E.,*Ilmu Ukur Tanah Wilayah*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, 1980.
6. Departemen Geodesi FTSP-ITB, Ilmu Ukur Tanah
7. Umaryono, P., *Ilmu Ukur Tanah Seri A*, FTSP – ITB.
8. Abidin, H.Z., 1995, *Penentuan Posisi Dengan GPS Dan Aplikasinya*., Pradnya Paramita., Jakarta.
9. Blewitt, G., 2007., *GPS and Space-Based Geodetic Methods*., University of Nevada.
10. Zogg, J.M., 2002., *GPS Basic , Introduction To The Sistem Application Overview*., U-Blox AG., Switzerland.
11. …….., 2006., Manual Book GPSMAP 60CSx., Garmin International Ltd, Kansas, USA.
12. ………, 2009., Laporan Survey Potensi Energi Kawasan Pegunungan Kuta Malaka Kabupaten Aceh Besar Propinsi Nanggroe Aceh Darussalam., PT. Buana Wahana Energi, Bandung.
13. http://www.klimatologibanjarbaru.com/artikel/2008/12/aws-automatic-weather-station.